



0300  
Docket No.: P9219.0000/P000  
(PATENT)

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:  
Hideki Sato, et al.

Application No.: 10/052,525

Group Art Unit: N/A

Filed: January 23, 2002

Examiner: Not Yet Assigned

For: MAGNETIC SENSOR AND METHOD OF  
PRODUCING THE SAME

CLAIM FOR PRIORITY AND SUBMISSION OF DOCUMENTS

Commissioner for Patents  
Washington, DC 20231

Dear Sir:

Applicant hereby claim priority under 35 U.S.C. 119 based on the following  
prior foreign applications filed in the following foreign country on the dates indicated:

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Date</u>
Japan	2001-015805	January 24, 2001
Japan	2001-281703	September 17, 2001

In support of this claim, certified copies of said original foreign applications are  
filed herewith.

Dated: May 20, 2002

Respectfully submitted,

By Edward A. Meilman

Edward A. Meilman

Registration No.: 27,735

DICKSTEIN SHAPIRO MORIN &  
OSHINSKY LLP

1177 Avenue of the Americas  
41st Floor

New York, New York 10036-2714  
(212) 835-1400

Attorneys for Applicant



日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 9月17日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-281703

[ ST.10/C ]:

[ JP2001-281703 ]

出 願 人

Applicant(s):

ヤマハ株式会社

2002年 1月11日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造

出証番号 出証特2001-3115042

【書類名】 特許願

【整理番号】 PA01-107

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 43/12

【発明者】

    【住所又は居所】 静岡県浜松市中沢町 1 0 番 1 号 ヤマハ株式会社内

    【氏名】 佐藤 秀樹

【発明者】

    【住所又は居所】 静岡県浜松市中沢町 1 0 番 1 号 ヤマハ株式会社内

    【氏名】 大橋 俊幸

【発明者】

    【住所又は居所】 静岡県浜松市中沢町 1 0 番 1 号 ヤマハ株式会社内

    【氏名】 涌井 幸夫

【発明者】

    【住所又は居所】 静岡県浜松市中沢町 1 0 番 1 号 ヤマハ株式会社内

    【氏名】 吉田 晋

【発明者】

    【住所又は居所】 静岡県浜松市中沢町 1 0 番 1 号 ヤマハ株式会社内

    【氏名】 相曾 功吉

【特許出願人】

    【識別番号】 000004075

    【氏名又は名称】 ヤマハ株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100088971

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 大庭 咲夫

【選任した代理人】

    【識別番号】 100115185

    【弁理士】

【氏名又は名称】 加藤 慎治

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2001- 15805

【出願日】 平成13年 1月24日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 075994

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0001421

【包括委任状番号】 0001423

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気センサ及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ピンド層とフリー層とを含み同ピンド層の磁化の向きと同フリー層の磁化の向きがなす相対角度に応じて抵抗値が変化する磁気抵抗効果素子を備えた磁気センサであって、

前記磁気抵抗効果素子を単一チップ上に複数個備えるとともに、同複数の磁気抵抗効果素子のうち少なくとも二つの磁気抵抗効果素子のピンド層の磁化の向きが互いに交差するように形成されてなる磁気センサ。

【請求項 2】

ピンド層とフリー層とを含み同ピンド層の磁化の向きと同フリー層の磁化の向きがなす相対角度に応じて抵抗値が変化する磁気抵抗効果素子を備えた磁気センサの製造方法であって、

基板上に前記ピンド層となる磁性層を含む層を所定の形状に形成する工程と、

前記ピンド層となる磁性層を含む層に磁場を印加するための磁場印加用磁性層を形成する工程と、

前記磁場印加用磁性層を磁化させる工程と、

前記磁場印加用磁性層の残留磁化による磁場で前記ピンド層となる磁性層の磁化の向きをピンする工程とを含む磁気センサの製造方法。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の磁気センサの製造方法であって、

前記磁場印加用磁性層を形成する工程は、平面視において前記ピンド層となる磁性層を含む層を挟むように前記磁場印加用磁性層を形成する工程である磁気センサの製造方法。

【請求項 4】

請求項 2 又は請求項 3 に記載の磁気センサの製造方法であって、前記磁場印加用磁性層の磁化の向きと前記残留磁化による磁場の向きが異なる磁気センサの製造方法。

## 【請求項 5】

ピンド層とフリー層とを含み同ピンド層の磁化の向きと同フリー層の磁化の向きがなす相対角度に応じて抵抗値が変化する磁気抵抗効果素子を備えた磁気センサの製造方法であって、

複数の永久磁石を正方格子の格子点に配設するとともに各永久磁石の磁極の極性が最短距離を隔てて隣接する他の磁極の極性と異なるように構成したマグネットアレイを準備する工程と、

前記マグネットアレイの上方に少なくとも前記ピンド層となる磁性層を含む層を形成したウエハを配置する工程と、

前記磁極のうちの一の磁極と、この磁極と最短距離を隔てて隣接する前記磁極のうち他の磁極との間に形成される磁界を利用して前記ピンド層となる磁性層の磁化の向きをピンする工程とを含む磁気センサの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【 0 0 0 1 】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、ピンド層とフリー層とを含んでなる磁気抵抗効果素子を用いた磁気センサに関し、特に、前記ピンド層の磁化の向きが互いに交差する二以上の磁気抵抗効果素子を単一チップ上に有する磁気センサ及びその製造方法に関する。

## 【 0 0 0 2 】

## 【従来の技術】

従来から、磁気センサに使用され得る素子として、巨大磁気抵抗素子（GMR素子）、及び磁気トンネル効果素子（TMR素子）等が知られている。これらの磁気抵抗効果素子は、磁化の向きが所定の向きにピン（固定）されたピンド層と、磁化の向きが外部磁界に応じて変化するフリー層とを備えていて、ピンド層の磁化の向きとフリー層の磁化の向きの相対関係に応じた抵抗値を呈する。

## 【 0 0 0 3 】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、ピンド層の磁化の向きが互いに交差する二以上の磁気抵抗効果素子を微小な単一チップ上に形成することは困難であり、そのような単一チップ

は提案されておらず、従って、磁気抵抗効果素子を用いた単一チップからなる磁気センサは、ピンド層の磁化の向きの制約のために、その応用範囲を広くできないという問題があった。

## 【 0 0 0 4 】

## 【本発明の概要】

本発明の特徴は、ピンド層とフリー層とを含み同ピンド層の磁化の向きと同フリー層の磁化の向きがなす相対角度に応じて抵抗値が変化する磁気抵抗効果素子を備えた磁気センサであって、前記磁気抵抗効果素子を単一チップ（同一基板）上に複数個備えるとともに、同複数の磁気抵抗効果素子のうち少なくとも二つの磁気抵抗効果素子のピンド層の磁化の向きが互いに交差するように形成されてなることにある。

## 【 0 0 0 5 】

これによれば、ピンド層の磁化の向きが互いに交差する磁気抵抗効果素子が同一基板上に形成されているので、小型で且つ応用範囲の広い磁気センサが提供される。

## 【 0 0 0 6 】

本発明の他の特徴は、ピンド層とフリー層とを含み同ピンド層の磁化の向きと同フリー層の磁化の向きがなす相対角度に応じて抵抗値が変化する磁気抵抗効果素子を備えた磁気センサの製造方法であって、基板上に前記ピンド層となる磁性層を含む層（例えば、反強磁性膜と強磁性膜）を所定の形状に形成する工程と、前記ピンド層となる磁性層を含む層に磁場を印加するための磁場印加用磁性層を形成する工程と、前記磁場印加用磁性層を磁化させる工程と、前記磁場印加用磁性層の残留磁化により前記ピンド層となる磁性層の磁化の向きをピンする工程とを含んだことにある。

## 【 0 0 0 7 】

これによれば、ピンド層となるべき磁性層を含む層に磁場を印加するための磁場印加用磁性層が、例えばメッキなどにより形成され、その後この磁場印加用磁性層が磁化される。そして、前記磁場印加用磁性層の残留磁化による磁場で前記ピンド層となる磁性層の磁化の向きがピンされる。この場合、前記磁場印加用磁

性層を形成する工程は、平面視において前記ピンド層となる磁性層を含む層を挟むように前記磁場印加用磁性層を形成することが有利であり、前記磁場印加用磁性層の磁化の向きと前記残留磁化により発生する磁場の向きが異なることが有利である。

## 【 0 0 0 8 】

前記磁場印加用磁性層の残留磁化による磁場の向きは、同磁場印加用磁性層の端面形状に依存する。従って、この端面形状を適宜の形状とすることで、或いは、ピンド層となる磁性層を含む層を端面に対して適切に配置することで、同ピンド層となる磁性層を含む層に付与する磁化の向きを任意の向きとすることができ、これにより、互いに異なる向きに磁化がピンされたピンド層を有する二以上の磁気抵抗効果素子を同一基板上に簡単に製造することができる。

## 【 0 0 0 9 】

また、本発明の他の特徴は、ピンド層とフリー層とを含み同ピンド層の磁化の向きと同フリー層の磁化の向きがなす相対角度に応じて抵抗値が変化する磁気抵抗効果素子を備えた磁気センサの製造方法であって、複数の永久磁石を正方格子の格子点に配設するとともに各永久磁石の磁極の極性が最短距離を隔てて隣接する他の磁極の極性と異なるように構成したマグネットアレイを準備する工程と、前記マグネットアレイの上方に少なくとも前記ピンド層となる磁性層を含む層を形成したウエハを配置する工程と、前記磁極のうちの一の磁極と、この磁極と最短距離を隔てて隣接する前記磁極のうちの他の磁極との間に形成される磁界を利用して前記ピンド層となる磁性層の磁化の向きをピンする工程とを含んだことにある。

## 【 0 0 1 0 】

上記マグネットアレイは、複数の永久磁石を正方格子の格子点に配設し、各永久磁石の磁極の極性が最短距離を隔てて隣接する他の磁極の極性と異なるように構成されている。従って、マグネットアレイの上方において、同マグネットアレイの平面視で、一つのN極から同N極の右側に存在するS極へ右方向の磁界、同N極から同N極の上側に存在するS極へ上方向の磁界、同N極から同N極の左側に存在するS極へ左方向の磁界、及び同N極から同N極の下側に存在するS極へ

下方向の磁界が形成される（図 5 6、及び図 5 7 を参照）。同様に、ある S 極に対しては、この S 極の右側に存在する N 極から左方向の磁界、この S 極の上側に存在する N 極から下方向の磁界、この S 極の左側に存在する N 極から右方向の磁界、及びこの S 極の下側に存在する N 極から上方向の磁界が形成される。上記方法は、これらの磁界を利用してピン層となる層の磁化の向きをピンするので、単一チップ上でピン層の磁化の向きが互いに交差（この場合は、直交）してなる磁気センサを容易に製造することができる。

#### 【 0 0 1 1 】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明による磁気センサの各実施形態について図面を参照しながら説明する。第 1 実施形態に係る磁気センサは、平面図である図 1 に示したように、例えば  $\text{SiO}_2/\text{Si}$ 、ガラス又は石英からなる略正形状の基板 1 0 と、二つの磁気トンネル効果素子（群） 1 1、2 1 と、バイアス磁界用のコイル 3 0 と、複数の電極パッド 4 0 a ～ 4 0 f とを備えている。磁気トンネル効果素子（群） 1 1、2 1、及びバイアス磁界用のコイル 3 0 は、それぞれ電極パッド 4 0 a、4 0 b、4 0 c、4 0 d、及び 4 0 e、4 0 f に接続されている。磁気トンネル効果素子（群） 1 1 と磁気トンネル効果素子（群） 2 1 は構造上同一であるので、以下においては、磁気トンネル効果素子（群） 1 1 を代表例として説明し、磁気トンネル効果素子（群） 2 1 についての説明を省略する。

#### 【 0 0 1 2 】

磁気トンネル効果素子（群） 1 1 は、拡大平面図である図 2 に示したように、直列接続された複数の（この例では、2 0 個）の磁気トンネル効果素子からなっている。各磁気トンネル効果素子は、図 2 の 1 - 1 平面に沿った部分断面図である図 3 に示したように、基板 1 0 の上に平面形状を長形状にした複数の下部電極 1 2 を備えている。下部電極 1 2 は、横方向に所定の間隔を隔てて一列に配置されていて、導電性非磁性金属材料である Ta（Cr、Ti でも良い。）により膜厚 3 0 n m 程度に形成されている。各下部電極 1 2 の上には、同下部電極 1 2 と同一平面形状に形成され、膜厚 3 0 n m 程度の Pt Mn からなる反強磁性膜 1 3 がそれぞれ積層されている。

## 【0013】

各反強磁性膜13の上には、膜厚20nm程度のNiFeからなる一対の強磁性膜14、14が間隔を隔てて積層されている。この強磁性膜14、14は、平面視において長形状を有し、各長辺が平行に対向されるように配置されていて、反強磁性膜13により磁化の向きがピンされたピンド層を構成するものであり、部分拡大平面図である図4の矢印方向（右向き）に磁化されている。なお、反強磁性膜13と強磁性膜（ピンド層）14は、磁化の向きが実質的に固定された（固定磁化軸を有する）固定磁化層を構成している。

## 【0014】

各強磁性膜14の上には、同強磁性膜14と同一平面形状を有する絶縁層15が形成されている。この絶縁層15は、絶縁材料である $Al_2O_3$ （Al-O）からなり、その膜厚は1nm程度となるように形成されている。

## 【0015】

絶縁層15の上には、同絶縁層15と同一平面形状を有し、膜厚80nm程度のNiFeからなる強磁性膜16が形成されている。この強磁性膜16は、その磁化の向きが外部磁界の向きに応じて変化するフリー層（自由磁化層）を構成し、前記強磁性膜14からなるピンド層と前記絶縁層15とともに磁気トンネル接合構造を形成している。即ち、反強磁性膜13、強磁性膜14、絶縁層15、及び強磁性膜16により、一つの磁気トンネル効果素子（電極等を除く）が構成される。

## 【0016】

各強磁性膜16の上には、同各強磁性膜16と同一平面形状のダミー膜17がそれぞれ形成されている。このダミー膜17は、膜厚40nm程度のTa膜からなる導電性非磁性金属材料により構成されている。

## 【0017】

基板10、下部電極12、反強磁性膜13、強磁性膜14、絶縁層15、強磁性膜16、及びダミー膜17を覆う領域には、複数の下部電極12及び反強磁性膜13をそれぞれ絶縁分離するとともに、各反強磁性膜13上に設けた一対の強磁性膜14、絶縁層15、強磁性膜16及びダミー膜17をそれぞれ絶縁分離す

るための層間絶縁層 1 8 が設けられている。層間絶縁層 1 8 は  $\text{SiO}_2$  からなり、その膜厚は 2 5 0 n m 程度である。

#### 【 0 0 1 8 】

この層間絶縁層 1 8 には、各ダミー膜 1 7 上にてコンタクトホール 1 8 a がそれぞれ形成されている。このコンタクトホール 1 8 a を埋設するとともに、異なる下部電極 1 2 (及び反強磁性膜 1 3) 上に設けた一对のダミー膜 1 7, 1 7 の各一方間を互いに電氣的に接続するように、例えば膜厚 3 0 0 n m の Al からなる上部電極 1 9, 1 9 がそれぞれ形成されている。このように、下部電極 1 2 及び反強磁性膜 1 3 と、上部電極 1 9 とにより、隣り合う一对の磁気トンネル接合構造の各強磁性膜 1 6, 1 6 (各ダミー膜 1 7, 1 7) と各反強磁性膜 1 3, 1 3 とをそれぞれ交互に順次電氣的に接続することで、ピンド層の磁化の向きが同一であって、且つ、複数の磁気トンネル接合構造を直列に接続した磁気トンネル効果素子 (群) 1 1 が形成される。なお、上部電極 1 9, 1 9 の上には図示を省略した  $\text{SiO}$  及び  $\text{SiN}$  からなる保護膜が形成されている。

#### 【 0 0 1 9 】

コイル 3 0 は、上記磁気トンネル効果素子 (群) 1 1, 2 1 に交流のバイアス磁界を付与するためのものであって、磁気トンネル効果素子 (群) 1 1, 2 1 の下方を同磁気トンネル効果素子 (群) 1 1, 2 1 のピンド層の磁化の向きと平行な向きに延びるように、基板 1 0 の上部内に埋設されている。

#### 【 0 0 2 0 】

次に、上記磁気トンネル効果素子の製造方法について図 5 ～ 図 1 7 を参照しながら説明する。なお、図 5 ～ 図 1 2 及び図 1 4 ～ 図 1 7 においては、説明のため、4 個の磁気トンネル効果素子が直列接続されてなる磁気トンネル効果素子群が示されている。また、これらの図においてはコイル 3 0 が省略されている。

#### 【 0 0 2 1 】

先ず、図 5 に示したように、基板 1 0 (この段階では、後のダイシングにより複数の磁気センサが得られる一枚の基板である。) の上に下部電極 1 2 を構成する Ta からなる膜を膜厚 3 0 n m 程度にスパッタリングにより形成し、次いで固定磁化層の反強磁性膜 1 3 及び強磁性膜 (ピンド層) 1 4 を構成するための Pt

Mnからなる膜及びNiFeからなる膜を、それぞれ膜厚が30nm及び20nmとなるようにスパッタリングにより形成する。ここでは、下部電極12、反強磁性膜13となるPtMn膜、及び強磁性膜14となるFeNi膜を下磁性層SJと称呼する。

#### 【0022】

その後、Alを1nmだけ積層し、酸素ガスによってこれを酸化させて絶縁層15となる $Al_2O_3$  (Al-O) からなる膜を形成する。次いで、フリー層の強磁性膜16を構成するNiFeからなる膜を例えばスパッタリングにより膜厚が80nmとなるように形成し、その上にダミー膜17を構成するTaからなる膜を膜厚が40nmとなるように形成する。ここでは、強磁性膜16及びダミー膜17を上磁性層UJと称呼する。次いで、イオンミリング等により図6に示したように上磁化層UJを加工して分離し、図7に示したように下磁性層SJを加工して分離する。

#### 【0023】

次に、図8に示したように、層間絶縁層18を構成する $SiO_2$ からなる膜を膜厚が素子上で250nmとなるようにスパッタリングによって形成し、その上にメッキ下地膜としてCrからなる膜及びNiFeからなる膜をそれぞれの膜厚が100nmおよび50nmとなるようにスパッタリングにより形成する。次に、図9に示したようにレジスト51を塗布する。レジスト51は後にメッキを行う部分を覆わないように、所定の形状にパターニングされる。

#### 【0024】

次いで、図10に示したように、磁場印加用磁性層としてNiCoをメッキする。このNiCoの厚さは、例えば10 $\mu$ mとする。そして、図11に示したようにレジストを除去した後、図12に示したように全面に対するミリング(Arミリング)により、メッキ下地膜として形成したNiFeを除去する。

#### 【0025】

図13は、かかる状態のウエハの平面図である。なお、図13においては、後のダイシングにより分割される基板の各々に便宜上符号10を付している。図13に示したように、先のレジストのパターニングにより、磁場印加用磁性層(N

i C o) は個々が略正形状であって、その中心が隣り合う 4 個の後に個々に分割される基板 1 0 の中心上となるように形成され、縦方向及び横方向において磁気トンネル効果素子 (群) 1 1, 2 1 の直上部を除くように (即ち、平面視において、ピンド層となる磁性層を含む下磁性層 S J (ピン層となる磁性層) が形成された磁気トンネル効果素子 (群) 1 1, 2 1 となる層を挟むように) 配設される。この状態で、各磁場印加用磁性層のなす正方形の対角線に平行な方向に約 1 0 0 0 (O e) の強さの磁場を与え、同磁場印加用磁性層を図 1 3 の矢印 A にて示した向きに磁化 (着磁) させる。

## 【 0 0 2 6 】

次いで、上記磁場を除去する。このとき、磁場印加用磁性層の残留磁化により、図 1 3 の矢印 B にて示したように、各磁場印加用磁性層の上辺から隣接する磁場印加用磁性層の下辺に向う磁場と、同各磁場印加用磁性層の右辺から隣接する磁場印加用磁性層の左辺に向う磁場が生じる。このため、磁気トンネル効果素子 (群) 1 1, 2 1 となる部分には、同部分の長手方向に平行な磁場が印加される。そして、P t M n からなる反強磁性膜 1 3 を規則合金化するとともに交換結合磁界 H e x を付与するため、ウェハを高温環境下に置く高温アニール処理を施す。この結果、同一基板 1 0 の上に形成される磁気トンネル効果素子 (群) 1 1, 2 1 が、互いに異なる向き (この場合には、互いに直交する向き) に磁化された (ピンされた) ピンド層を有するようになる。即ち、各磁気トンネル効果素子 (群) 1 1, 2 1 は、図 1 に矢印にて示した方向の磁化固定軸を有するようになる。

## 【 0 0 2 7 】

次いで、図 1 4 に示したように、メッキ膜である N i C o 及びスパッタされた (メッキ下地膜の) N i F e を酸により除去し、図 1 5 に示したようにミリングによって C r を除去する。その後、図 1 6 に示したようにコンタクトホール 1 8 a を層間絶縁層 1 8 に形成し、図 1 7 に示したように A l 膜をその膜厚が 3 0 0 n m となるようにスパッタリングにより形成し、これを配線形状に加工して上部電極 1 9 を形成する。

## 【 0 0 2 8 】

そして、基板 1 0 の上に図 1 に示した電極パッド 4 0 a ~ 4 0 f を形成して、同電極パッド 4 0 a ~ 4 0 f を磁気トンネル効果素子（群） 1 1, 2 1、及びコイル 3 0 とそれぞれ接続する。最後に、CVDにより 1 5 0 n m の膜厚を有する SiO からなる膜（図示省略）、及び 1 0 0 0 n m の膜厚を有する SiN からなる膜（図示省略）を保護膜（パッシベーション膜）として形成する。この後、保護膜の一部をミリング、RIE、又はレジストマスクを用いたエッチングにより開孔し、電極パッド 4 0 a ~ 4 0 f を露出させる。次いで、基板のバックグラウンド（研削して薄くする）を行い、ダイシングにより個々の磁気センサに分離し、最後にパッケージングを行う。

## 【 0 0 2 9 】

このように製造された図 1 に示した磁気トンネル効果素子（群） 1 1 に対し、図 1 の X 軸方向と同 X 軸に直交する Y 軸方向のそれぞれの軸に沿って大きさが変化する外部磁界を与え、そのときの抵抗変化率 MR（MR 比）を測定した。その結果を図 1 8 及び図 1 9 に示す。図 1 8 及び図 1 9 から明らかなように、磁気トンネル効果素子（群） 1 1 の MR 比は、X 軸方向に変化する外部磁界に対する方が、Y 軸方向に変化する外部磁界に対するよりも大きく変化した。これにより、磁気トンネル効果素子（群） 1 1 は、そのピン層の磁化の向きが X 軸に平行となっていることが確認された。

## 【 0 0 3 0 】

同様に、図 1 に示した磁気トンネル効果素子（群） 2 1 に対し、X 軸方向と Y 軸方向のそれぞれの軸に沿って大きさが変化する外部磁界を与え、そのときの抵抗変化率 MR（MR 比）を測定した。その結果を図 2 0 及び図 2 1 に示す。図 2 0 及び図 2 1 から明らかなように、磁気トンネル効果素子（群） 2 1 の MR 比は、Y 軸方向に変化する外部磁界に対する方が、X 軸方向に変化する外部磁界に対するよりも大きく変化した。これにより、磁気トンネル効果素子（群） 2 1 は、そのピン層の磁化の向きが Y 軸に平行となっていることが確認された。即ち、この磁気センサは、同一基板 1 0 上に磁化の向きが互いに異なるように（磁化の向きが互いに交差するように）ピンされたピン層を有する二つの磁気トンネル効果素子（磁気抵抗効果素子）を有していることが確認された。

## 【 0 0 3 1 】

次に、第 2 実施形態に係る磁気センサについて説明すると、第 2 実施形態は、第 1 実施形態の固定磁化層が Pt Mn と Ni Fe とから構成されていたのに対し、第 2 実施形態の固定磁化層が膜厚が 3 0 n m の Mn Rh からなる膜と膜厚が 4 0 n m の Ni Fe (ピンド層) からなる膜とにより構成されている点においてのみ同第 1 実施形態と異なる。一方、この固定磁化層の材質の相違により、第 2 実施形態の製造方法は第 1 実施形態のそれと若干だけ異なるので、以下に説明する。

## 【 0 0 3 2 】

即ち、第 2 実施形態においては、図 2 2 に示したように、基板 1 0 の上に 3 0 n m の膜厚を有する Ta からなる膜、3 0 n m の膜厚を有する Mn Rh からなる膜、及び 4 0 n m の膜厚を有する Ni Fe からなる膜をスパッタリングにより形成し下磁性層 S J を形成する。次いで 1 n m の Al を成膜してこれを酸化し、絶縁層 1 5 を形成する。その上に 4 0 n m の膜厚を有する Ni Fe からなる膜及び 4 0 n m の膜厚を有する Ta からなる膜を形成して上磁性層 U J を形成する。

## 【 0 0 3 3 】

次いで、図 2 3 に示したように上磁化層 U J を加工して分離し、図 2 4 に示したように下磁性層 S J を加工して分離する。次に、図 2 5 に示したように、Si O<sub>2</sub> をその膜厚が 2 5 0 n m となるようにスパッタリングして層間絶縁層 1 8 を形成し、続いて図 2 6 に示したように同層間絶縁層 1 8 にコンタクトホール 1 8 a を形成する。次いで、図 2 7 に示したように Al をその膜厚が 3 0 0 n m となるようにスパッタリングし、これを配線形状に加工して上部電極 1 9 を形成する。そして、図 2 8 に示したように Si O 及び Si N からなる保護膜 2 0 を CVD により形成する。

## 【 0 0 3 4 】

次に、図 2 9 に示したように、メッキ下地膜として Cr からなる膜及び Ni Fe からなる膜をそれぞれの膜厚が 1 0 0 n m および 5 0 n m となるようにスパッタリングにより形成し、続いて図 3 0 に示したようにレジスト 5 1 を塗布する。レジスト 5 1 は後にメッキを行う部分を覆わないように、所定の形状にパターニ

ングされる。

【 0 0 3 5 】

次いで、図 3 1 に示したように、磁場印加用磁性層として Ni Co をメッキする。この Ni Co の厚さは、例えば  $10\mu\text{m}$  とする。そして、図 3 2 に示したようにレジストを除去した後、図 3 3 に示したように全面に対するミリング (Ar ミリング) により、メッキ下地膜として形成した Ni Fe を除去する。この時点で、図 1 3 に示した状態となるので、各磁場印加用磁性層のなす正方形の対角線に平行な方向に約 1 0 0 0 (Oe) の強さの磁場を与え、同磁場印加用磁性層を図 1 3 の矢印 A にて示した向きに磁化 (着磁) させ、その後、同磁場を除去する。

【 0 0 3 6 】

このとき、後に各磁気トンネル効果素子 (群) 1 1' , 2 1' となる部分には、Ni Co の残留磁化により、同部分の長手方向に平行な磁場が印加されることになる。そして、ウェハを高温環境下に置く高温アニール処理を施す。この結果、同一基板 1 0' 上に形成される磁気トンネル効果素子 (群) 1 1' , 2 1' が、互いに異なる向き (この場合には、互いに直交する向き) に磁化された (ピンされた) ピンド層を有することになる。高温アニール処理が終了した後は、図 3 4 に示したように酸によってメッキ膜 Ni Co 及びメッキ下地膜の Ni Fe を除去し、図 3 5 に示したようにミリングによってメッキ下地膜 Cr を除去する。その後は、第 1 実施形態と同様の処理を施す。

【 0 0 3 7 】

このように製造された図 1 に示した磁気トンネル効果素子 (群) 1 1' に対し、X 軸方向と Y 軸方向のそれぞれの軸に沿って大きさが変化する外部磁界を与え、そのときの抵抗変化率 MR (MR 比) を測定した。その結果を図 3 6 及び図 3 7 に示す。図 3 6 及び図 3 7 から明らかなように、磁気トンネル効果素子 (群) 1 1' の MR 比は、X 軸方向に変化する外部磁界に対する方が、Y 軸方向に変化する外部磁界に対するよりも大きく変化した。これにより、磁気トンネル効果素子 (群) 1 1' は、そのピンド層の磁化の向きが X 軸に平行となっていることが確認された。

## 【 0 0 3 8 】

同様に、図 1 に示した磁気トンネル効果素子（群）2 1 ' に対し、X 軸方向と Y 軸方向のそれぞれの軸に沿って大きさが変化する外部磁界を与え、そのときの抵抗変化率 MR（MR 比）を測定した。その結果を図 3 8 及び図 3 9 に示す。図 3 8 及び図 3 9 から明らかなように、磁気トンネル効果素子（群）2 1 ' の MR 比は、Y 軸方向に変化する外部磁界に対する方が、X 軸方向に変化する外部磁界に対するよりも大きく変化した。これにより、磁気トンネル効果素子（群）2 1 ' は、そのピンド層の磁化の向きが Y 軸に平行となっていることが確認された。即ち、この第 2 実施形態に係る磁気センサは、同一基板 1 0 ' 上に磁化の向きが互いに交差する（異なる）ようにピンされたピンド層を有する二つの磁気トンネル効果素子（磁気抵抗効果素子）を有していることが確認された。

## 【 0 0 3 9 】

以上、説明したように、第 1、第 2 実施形態の磁気センサはピンド層の磁化の向きが互いに交差する（少なくとも二つのピンド層の磁化の向きのなす角度が 0°、及び 1 8 0° 以外の角度である）磁気トンネル効果素子を同一基板上（単一チップ上）に有している。このため、異なる向きの磁界を検出する必要がある小型磁気センサ（例えば、地磁気センサ等）として用いることができる。また、上記各実施形態の製造方法によれば、このようなセンサを容易に製造することができる。

## 【 0 0 4 0 】

なお、第 1 実施形態では固定磁化層のピン層に P t M n を使用しているが、P t M n は最初に高温とするタイミングでピンド層をピンさせる必要があるため、保護膜形成のための C V D 等の高温処理がなされる前の段階で高温アニール処理を行う。これに対し、第 2 実施形態では固定磁化層のピン層に M n R h を使用していて、M n R h の膜質は高温アニール処理後に他の高温処理があると劣化する。そこで、第 2 実施形態においては、高温アニール処理を保護膜形成のための C V D 等の高温処理後に行うこととした。

## 【 0 0 4 1 】

また、上記第 1、第 2 実施形態の製造方法によれば、検出しようとする外部磁

界に対して偶関数特性を示す磁気トンネル効果素子（群）を得ることができる。即ち、磁気トンネル効果素子群 1 1, 2 1, 1 1', 2 1' に対してピンド層の磁化の向きと直交する方向内で大きさが変化する磁界を付与すると、同ピンド層の磁化は図 4 0 のライン LP により示したように滑らかに変化する。一方、これらの素子のフリー層は、形状異方性により前記外部磁界の向きに敏感に反応し、図 4 0 のライン LF により示したように外部磁界の大きさが「0」近傍となるとステップ的に変化する。この結果、ピンド層の磁化の向きとフリー層の磁化の向きの相対角度は、外部磁界が「0」のとき最大（略 90°）となり、外部磁界の大きさ（絶対値）が大きくなるほど減少する。このことは、図 1 9、図 2 0、図 3 7、及び図 3 8 により確認できる。

## 【 0 0 4 2 】

更に、図 1 3 から明らかなように、各磁場印加磁性層であるメッキ膜（Ni Co）を同図 1 3 中矢印 A で示す一定の方向に磁化させた場合、同各メッキ膜の残留磁化により同各メッキ膜間に発生する磁場の向きは同メッキ膜の磁化の向きとは異なり、同図中矢印 B で示したように同メッキ膜 M の端面に垂直な向きとなる。従って、例えば、図 4 1 に示したようにメッキ膜 M の端面形状を設計し同メッキ膜を矢印 C の向きに磁化すれば、ウエハ上の適宜の箇所に局所的に所望の向き（矢印 D にて示す向き）を有する磁場を発生させることができるので、これを利用して単一基板上に所望の向きの固定磁化軸を有する磁気トンネル効果素子（単一チップ上でピンド層の磁化の向きが互いに交差する磁気トンネル効果素子）TMR1, TMR2 を製造することが可能となる。

## 【 0 0 4 3 】

次に、本発明の第 3 実施形態に係る磁気センサについて説明すると、上記第 1、第 2 実施形態の磁気センサは TMR 素子により構成されていたのに対し、第 3 実施形態の磁気センサは GMR 素子により構成されている。また、この磁気センサは、X 軸方向の磁界を検出する X 軸磁気センサと、前記 X 軸に直交する Y 軸方向の磁界を検出する Y 軸磁気センサとを備えている。

## 【 0 0 4 4 】

より具体的に述べると、この磁気センサ 6 0 は、図 4 2 に示したように、平面

視で互いに直交するX軸、及びY軸に沿った辺を有する長形状（略正形状）であって、X軸、及びY軸に直交するZ軸方向に小さな厚みを有する石英ガラスからなる単一のチップ（同一基板）60aと、同チップ60aの上に形成された合計で8個のGMR素子61～64、71～74と、同チップ60aの上に形成された合計で8個のパッド65～68、75～78、及び各パッドと各素子とを接続する接続線を含んでいる。

## 【0045】

第1 X軸GMR素子61は、チップ60aのY軸方向略中央部下方でX軸負方向端部近傍に形成されていて、図42の矢印にて示したように、ピンド層のピンされた磁化の向きはX軸負方向となっている。第2 X軸GMR素子62は、チップ60aのY軸方向略中央部上方でX軸負方向端部近傍に形成されていて、図42の矢印にて示したように、ピンド層のピンされた磁化の向きはX軸負方向となっている。第3 X軸GMR素子63は、チップ60aのY軸方向略中央部上方でX軸正方向端部近傍に形成されていて、図42の矢印にて示したように、ピンド層のピンされた磁化の向きはX軸正方向となっている。第4 X軸GMR素子64は、チップ60aのY軸方向略中央部下方でX軸正方向端部近傍に形成されていて、図42の矢印にて示したように、ピンド層のピンされた磁化の向きはX軸正方向となっている。

## 【0046】

第1 Y軸GMR素子71は、チップ60aのX軸方向略中央部左方でY軸正方向端部近傍に形成されていて、図42の矢印にて示したように、ピンド層のピンされた磁化の向きはY軸正方向となっている。第2 Y軸GMR素子72は、チップ60aのX軸方向略中央部右方でY軸正方向端部近傍に形成されていて、図42の矢印にて示したように、ピンド層のピンされた磁化の向きはY軸正方向となっている。第3 Y軸GMR素子73は、チップ60aのX軸方向略中央部右方でY軸負方向端部近傍に形成されていて、図42の矢印にて示したように、ピンド層のピンされた磁化の向きはY軸負方向となっている。第4 X軸GMR素子64は、チップ60aのX軸方向略中央部左方でY軸負方向端部近傍に形成されていて、図42の矢印にて示したように、ピンド層のピンされた磁化の向きはY軸負

方向となっている。

【 0 0 4 7 】

各 GMR 素子 6 1 ~ 6 4, 7 1 ~ 7 4 は、チップ 6 0 a における配置（チップ 6 0 a に対するピン層のピンされた磁化の向き）が異なる点を除き、互いに実質的に同一の構造を備えている。従って、以下、第 1 X 軸 GMR 素子 6 1 を代表例として、その構造について説明する。

【 0 0 4 8 】

第 1 X 軸 GMR 素子 6 1 は、平面図である図 4 3、及び、図 4 3 の 2 - 2 線に沿った平面にて第 1 X 軸 GMR 素子 6 1 を切断した概略断面図である図 4 4 に示したように、スピバルブ膜 S V からなり Y 軸方向に長手方向を有する複数の幅狭帯状部 6 1 a ... 6 1 a と、各幅狭帯状部 6 1 a の Y 軸方向両端部の下方に形成された C o C r P t 等の硬質強磁性体であって、高保磁力、高角型比を有する材質からなるバイアス磁石膜（硬質強磁性体薄膜層） 6 1 b ... 6 1 b とを備えている。各幅狭帯状部 6 1 a ... 6 1 a は、各バイアス磁石膜 6 1 b の上面にて X 軸方向に伸びて隣接する幅狭帯状部 6 1 a と接合している。

【 0 0 4 9 】

第 1 X 軸 GMR 素子 6 1 のスピバルブ膜 S V は、図 4 5 に膜構成を示したように、基板であるチップ 6 0 a の上に順に積層されたフリー層（自由層、自由磁化層）F、膜厚が 2. 4 n m ( 2 4 Å ) の C u からなる導電性のスペーサ層 S、ピン層（固着層、固定磁化層）P、及び膜厚が 2. 5 n m ( 2 5 Å ) のチタン（T i）又はタンタル（T a）からなるキャッピング層 C からなっている。

【 0 0 5 0 】

フリー層 F は、外部磁界の向きに応じて磁化の向きが変化する層であり、基板 6 0 a の直上に形成された膜厚が 8 n m ( 8 0 Å ) の C o Z r N b アモルファス磁性層 6 1 - 1 と、C o Z r N b アモルファス磁性層 6 1 - 1 の上に形成された膜厚が 3. 3 n m ( 3 3 Å ) の N i F e 磁性層 6 1 - 2 と、N i F e 磁性層 6 1 - 2 の上に形成された 1 ~ 3 n m ( 1 0 ~ 3 0 Å ) 程度の膜厚の C o F e 層 6 1 - 3 とからなっている。C o Z r N b アモルファス磁性層 6 1 - 1 と N i F e 磁性層 6 1 - 2 は軟質強磁性体薄膜層を構成している。C o F e 層 6 1 - 3 は N i

Fe層61-2のNi、及びスペーサ層SのCu61-4の拡散を防止するものである。なお、前述したバイアス磁石膜61b...61bは、フリー層Fの一軸異方性を維持するため、同フリー層Fに対してY軸方向（図43の矢印にて示した左右方向）にバイアス磁界を与えている。

#### 【0051】

ピン層Pは、膜厚が2.2nm（22Å）のCoFe磁性層61-5と、Ptを45～55mol%含むPtMn合金から形成した膜厚が24nm（240Å）の反強磁性膜61-6とを重ね合わせたものである。CoFe磁性層61-5は、着磁（磁化）された反強磁性膜61-6に交換結合的に裏打されることにより磁化（磁化ベクトル）の向きがX軸負方向にピン（固着）されるピンド層を構成している。

#### 【0052】

このように構成された第1X軸GMR素子61は、図46の実線にて示したように、X軸に沿って変化する外部磁界に対し、 $-H_c \sim +H_c$ の範囲において、同外部磁界に略比例して変化する抵抗値を呈し、図46の破線にて示したように、Y軸に沿って変化する外部磁界に対しては略一定の抵抗値を呈する。

#### 【0053】

X軸磁気センサは、図47に等価回路を示したように、第1～第4X軸GMR素子61～64がフルブリッジ接続されることにより構成されている。なお、図47において、矢印は各GMR素子61～64の固着層のピンされた磁化の向きを示している。このような構成において、パッド67、及びパッド68は、それぞれ図示しない定電圧源の正極、負極に接続され、電位 $V_{xin+}$ （本例では5（V））と電位 $V_{xin-}$ （本例では0（V））が付与される。そして、パッド65とパッド66の電位がそれぞれ電位 $V_{xout+}$ と電位 $V_{xout-}$ として取り出され、その電位差（ $V_{xout+} - V_{xout-}$ ）がセンサ出力 $V_{xout}$ として取り出される。この結果、X軸磁気センサは、図48の実線にて示したように、X軸に沿って変化する外部磁界に対し、 $-H_c \sim +H_c$ の範囲において、同外部磁界に略比例して変化する出力電圧 $V_{xout}$ を示し、図48の破線にて示したように、Y軸に沿って変化する外部磁界に対しては略「0」の出力電圧を示す。

## 【 0 0 5 4 】

Y 軸磁気センサは、X 軸磁気センサと同様に、第 1 ～第 4 Y 軸 GMR 素子 7 1 ～7 4 がフルブリッジ接続されることにより構成されている。そして、パッド 7 7、及びパッド 7 8 は、図示しない定電圧源の正極、負極に接続され、電位  $V_{yin+}$ （本例では 5（V））と電位  $V_{yin-}$ （本例では 0（V））が付与され、パッド 7 5 とパッド 7 6 の電位差がセンサ出力  $V_{yout}$  として取り出される。この結果、Y 軸磁気センサは、図 4 9 の破線にて示したように、Y 軸に沿って変化する外部磁界に対し、 $-H_c \sim +H_c$  の範囲において、同外部磁界に略比例して変化する出力電圧  $V_{yout}$  を示し、図 4 9 の実線にて示したように、X 軸に沿って変化する外部磁界に対しては略「0」の出力電圧を示す。

## 【 0 0 5 5 】

次に、上記のように構成される磁気センサ 6 0 の製造方法について説明する。まず、平面図である図 5 0 に示したように、長方形の石英ガラス 6 0 a 1 の上に、上記スピンバルブ膜 S V と上記バイアス磁石膜 6 1 b とからなり、後に個々の GMR 素子を構成する膜 M を島状に複数形成する。この成膜は、超高真空装置を用いて精密な厚さに連続積層で行われる。これらの膜 M は、石英ガラス 6 0 a 1 が後の切断工程により図 5 0 の破線に沿って切断されて図 4 2 に示した個々のチップ 6 0 a に分割されたとき、同図 4 2 に示した GMR 素子 6 1 ～6 4、7 1 ～7 4 の位置に配置されるように形成される。また、石英ガラス 6 0 a 1 の四隅には、長方形から十字形を除いた形状のアライメント（位置決め）マーク 6 0 b を設けておく。

## 【 0 0 5 6 】

次いで、平面図である図 5 1、及び図 5 1 の 3 - 3 線に沿った断面で切断した断面図である図 5 2 に示したように、正方形の貫通孔が正方格子状に複数個だけ設けられた（即ち、X 軸及び Y 軸に平行な辺を有する正方形の貫通孔が、同 X 軸及び同 Y 軸にそって互いに等距離を隔てて設けられた）長方形の金属プレート 8 1 を準備し、同金属プレート 8 1 の各貫通孔に同貫通孔と略同一の正方形断面を有する直方体形状の永久棒磁石 8 2 … 8 2 を、同永久棒磁石 8 2 … 8 2 の磁極が形成される端面が同金属プレート 8 1 と平行になるように、挿入する。このとき

、最短距離で隣接する磁極の極性が異なるように同永久棒磁石 8 2 … 8 2 を配置する。なお、各永久棒磁石 8 2 … 8 2 の磁荷の大きさは全て略等しいものを使用する。

#### 【 0 0 5 7 】

次に、平面図である図 5 3 に示したように、厚さが約 0. 5 mm であって前記金属プレート 8 1 と略同一形状の長方形を有する透明な石英ガラスからなるプレート 8 3 を準備する。このプレート 8 3 には、上記石英ガラス 6 0 a 1 のアライメントマーク 6 0 b と協働して位置決めを行うため、四隅に十字形のアライメント（位置決め）マーク 8 3 a を設けておく。また、中央部には、上記金属プレート 8 1 に挿入された永久棒磁石 8 2 … 8 2 の外形に対応する位置にアライメントマーク 8 3 b を設けておく。次いで、図 5 4 に示したように、永久棒磁石 8 2 … 8 2 の上面とプレート 8 3 の下面を接着剤により接着する。このとき、アライメントマーク 8 3 b を用いて永久棒磁石 8 2 … 8 2 と、プレート 8 3 との相対的な位置を決定する。そして、金属プレート 8 1 を下方から取り去る。この段階で、永久棒磁石 8 2 … 8 2 とプレート 8 3 とにより、磁極を構成する端面が略正方形の複数の永久磁石を正方格子の格子点に配設するとともに各永久磁石の磁極の極性が最短距離を隔てて隣接する他の磁極の極性と異なるように構成したマグネットアレイが形成される。

#### 【 0 0 5 8 】

次に、図 5 5 に示したように、GMR 素子となる膜（ピンド層となる磁性層を含む層、すなわちピン層となる磁性層を含む層）が形成された石英ガラス 6 0 a 1 を、同 GMR 素子となる膜が形成された面がプレート 8 3 の上面と接するように配置する。石英ガラス 6 0 a 1 と、プレート 8 3 の相対位置は、前記アライメントマーク 6 0 b の十字形に削除された部分と、アライメントマーク 8 3 a の十字形とを一致させることで正確に決定される。

#### 【 0 0 5 9 】

図 5 6 は、上記永久棒磁石 8 2 … 8 2 を四個だけ取り出した状態を示す斜視図である。この図から明らかなように、永久棒磁石 8 2 … 8 2 の上面では、一つの N 極から同 N 極に最短距離で隣接する S 極に向かう 9 0 ° ずつ方向が異なる磁界

が形成されている。従って、図 5 5 に示したプレート 8 3 の上面に石英ガラス 6 0 a 1 が載置された状態においては、図 5 7 に模式的に示したように、一つの N 極の正方形端面の各辺に平行に配置された GMR となる各膜には、Y 軸正方向、X 軸正方向、Y 軸負方向、及び X 軸負方向の磁界が加わる。

#### 【 0 0 6 0 】

本実施形態においては、かかる磁界を利用して固着層 P（固着層 P のピンド層）の磁化の向きを固定する熱処理を行う。即ち、図 5 5 に示した状態で、プレート 8 3 と石英ガラス 6 0 a 1 とをクランプ C L により互いに固定し、真空中でこれらを 2 5 0 ° C ~ 2 8 0 ° C に過熱し、その状態で 4 時間ほど放置する。

#### 【 0 0 6 1 】

その後、石英ガラス 6 0 a 1 を取り出し、図 4 2 に示した各パッド 6 5 ~ 6 8 , 7 5 ~ 7 8 を形成するとともに、これらを接続する配線を形成し、最後に図 5 0 に示した破線に沿って石英ガラス 6 0 a 1 を切断する。以上により、図 4 2 に示した磁気センサ 6 0 が製造される。

#### 【 0 0 6 2 】

次に、上記磁気センサ 6 0 を使用して地磁気を測定した結果について説明する。この測定においては、図 5 8 に示したように、磁気センサ 6 0 の Y 軸正方向が南を向いているときに方位  $\theta$ （測定角度）を 0° と定義している。測定結果を、図 5 9 に示す。図 5 9 から明らかなように、実線で示した X 軸磁気センサ出力  $S_x$  は正弦波状に変化し、破線で示した Y 軸磁気センサ出力  $S_y$  は余弦波状に変化した。この結果は、図 4 8 及び図 4 9 にて示した特性から予測される通りであった。

#### 【 0 0 6 3 】

この場合、（1）X 軸磁気センサ出力  $S_x$ 、及び Y 軸磁気センサの出力  $S_y$  の値が共に正の値のとき  $\theta = \arctan (S_x / S_y)$ 、（2）Y 軸磁気センサの出力  $S_y$  の値が負の値のとき  $\theta = 180^\circ + \arctan (S_x / S_y)$ 、（3）X 軸磁気センサ出力  $S_x$  の値が負の値、及び Y 軸磁気センサの出力  $S_y$  が正の値のとき  $\theta = 360^\circ + \arctan (S_x / S_y)$  により方位を求めることができるので、磁気センサ 6 0 は、例えば、携帯電話機等の携帯型電子装置に搭載され得る地磁気（

方位) センサとして使用することが可能である。なお、方位が  $270 \sim 360^\circ$  にあるとき、 $-90 \sim 0^\circ$  として表示することを許容する場合には、出力  $S_y$  が正のとき  $\theta = \arctan(S_x/S_y)$ 、出力  $S_y$  が負のとき  $\theta = 180^\circ + \arctan(S_x/S_y)$  としてもよい。

## 【0064】

以上、説明したように、第3実施形態によれば、複数の永久磁石を正方格子の格子点に配設するとともに各永久磁石の磁極の極性が最短距離を隔てて隣接する他の磁極の極性と異なるように構成したマグネットアレイを準備し、同マグネットアレイが形成する磁界により前記ピンド層となる磁性層の磁化の向きをピンさせるので、ピンド層のピンされた磁化の向きが互いに異なる（互いに直交する）GMR素子を、容易に単一チップ上に形成することができる。また、この方法によれば、ピンド層のピンされた磁化の向きが互いに異なるGMR素子を備えた単一チップを一時に大量に製造することができるので、同単一チップの製造コストを低下させることができる。

## 【0065】

なお、本発明は上記実施形態に限定されることはなく、本発明の範囲内において種々の変形例を採用することができる。例えば、上記第1、第2実施形態においては、メッキ膜として残留磁化の大きいNiCoが採用されていたが、これに代え残留磁化が大きい他の材料（例えばCo等）を採用してもよい。また、上記第1、第2実施形態の固着層の磁化の向きを固定する方法は、第3実施形態のようなピンド層（固定磁化軸を有する層）を備える他の磁気抵抗効果素子にも適用することができる。また、上記3実施形態のピン層Pには、PtMnを使用していたが、このPtMnに代え、FeMn又はIrMn等を用いても良い。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1実施形態及び第2実施形態に係る磁気センサの概念的な平面図である。

【図2】 図1に示した磁気トンネル効果素子（群）の拡大平面図である。

【図3】 図2に示した磁気トンネル効果素子（群）を1-1線に沿った平面で切断した断面図である。

【図 4】 図 3 に示した磁気トンネル効果素子の反強磁性膜と強磁性膜（ピンド層）を示す同素子の概略平面図である。

【図 5】 製造途中にある第 1 実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図 6】 製造途中にある第 1 実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図 7】 製造途中にある第 1 実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図 8】 製造途中にある第 1 実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図 9】 製造途中にある第 1 実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図 1 0】 製造途中にある第 1 実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図 1 1】 製造途中にある第 1 実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図 1 2】 製造途中にある第 1 実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図 1 3】 製造途中にある第 1 実施形態の磁気センサの概略平面図である。

【図 1 4】 製造途中にある第 1 実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図 1 5】 製造途中にある第 1 実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図 1 6】 製造途中にある第 1 実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図 1 7】 製造途中にある第 1 実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図 1 8】 図 1 に示した一つの磁気トンネル効果素子（群）に対し、同素子の長手方向（X 軸方向）において大きさが変化する外部磁界を付与したときの同素子の MR 比の変化を示すグラフである。

【図 1 9】 図 1 に示した一つの磁気トンネル効果素子（群）に対し、同素子の長手方向と直交する方向（Y 軸方向）において大きさが変化する外部磁界を付与したときの同素子の MR 比の変化を示すグラフである。

【図 2 0】 図 1 に示した他の磁気トンネル効果素子（群）に対し、同素子の長手方向と直交する方向（X 軸方向）において大きさが変化する外部磁界を付与したときの同素子の MR 比の変化を示すグラフである。

【図 2 1】 図 1 に示した他の磁気トンネル効果素子（群）に対し、同素子の長手方向（Y 軸方向）において大きさが変化する外部磁界を付与したときの同素子の MR 比の変化を示すグラフである。

【図 2 2】 製造途中にある第 2 実施形態の磁気センサの概略断面図である。

【図 2 3】 製造途中にある第 2 実施形態の磁気センサの概略断面図である。

- 【図 2 4】 製造途中にある第 2 実施形態の磁気センサの概略断面図である。
- 【図 2 5】 製造途中にある第 2 実施形態の磁気センサの概略断面図である。
- 【図 2 6】 製造途中にある第 2 実施形態の磁気センサの概略断面図である。
- 【図 2 7】 製造途中にある第 2 実施形態の磁気センサの概略断面図である。
- 【図 2 8】 製造途中にある第 2 実施形態の磁気センサの概略断面図である。
- 【図 2 9】 製造途中にある第 2 実施形態の磁気センサの概略断面図である。
- 【図 3 0】 製造途中にある第 2 実施形態の磁気センサの概略断面図である。
- 【図 3 1】 製造途中にある第 2 実施形態の磁気センサの概略断面図である。
- 【図 3 2】 製造途中にある第 2 実施形態の磁気センサの概略断面図である。
- 【図 3 3】 製造途中にある第 2 実施形態の磁気センサの概略断面図である。
- 【図 3 4】 製造途中にある第 2 実施形態の磁気センサの概略断面図である。
- 【図 3 5】 製造途中にある第 2 実施形態の磁気センサの概略断面図である。
- 【図 3 6】 第 2 実施形態に係る一つの磁気トンネル効果素子（群）に対し、同素子の長手方向（図 1 の X 軸方向）において大きさが変化する外部磁界を付与したときの同素子の MR 比の変化を示すグラフである。
- 【図 3 7】 第 2 実施形態に係る一つの磁気トンネル効果素子（群）に対し、同素子の長手方向と直交する方向（図 1 の Y 軸方向）において大きさが変化する外部磁界を付与したときの同素子の MR 比の変化を示すグラフである。
- 【図 3 8】 第 2 実施形態に係る他の磁気トンネル効果素子（群）に対し、同素子の長手方向と直交する方向（図 1 の X 軸方向）において大きさが変化する外部磁界を付与したときの同素子の MR 比の変化を示すグラフである。
- 【図 3 9】 第 2 実施形態に係る他の磁気トンネル効果素子（群）に対し、同素子の長手方向（図 1 の Y 軸方向）において大きさが変化する外部磁界を付与したときの同素子の MR 比の変化を示すグラフである。
- 【図 4 0】 第 1 及び第 2 実施形態に係る磁気トンネル効果素子群に対してピンド層の磁化の向きと直交する方向内で大きさが変化する磁界を付与した際のピンド層及びフリー層の磁化曲線を示すグラフである。
- 【図 4 1】 別の形状を有するメッキ膜を形成した基板の平面図である。
- 【図 4 2】 本発明による第 3 実施形態に係る磁気センサの概略平面図である。

【図 4 3】 図 4 2 に示した第 1 X 軸 GMR 素子の概略拡大平面図である。

【図 4 4】 図 4 3 に示した第 1 X 軸 GMR 素子を同図 4 3 の 2 - 2 線に沿った平面にて切断した概略断面図である。

【図 4 5】 図 4 3 に示した第 1 X 軸 GMR 素子のスピバルブ膜構成を示す図である。

【図 4 6】 図 4 3 に示した第 1 X 軸 GMR 素子の X 軸方向に変化する磁界に対する抵抗値（実線）、及び Y 軸方向に変化する磁界に対する抵抗値（破線）の変化を示したグラフである。

【図 4 7】 図 4 2 に示した磁気センサが備える X 軸磁気センサの等価回路図である。

【図 4 8】 図 4 7 に示した X 軸磁気センサの X 軸方向に変化する磁界に対する出力電圧（実線）、及び Y 軸方向に変化する磁界に対する出力電圧（破線）の変化を示したグラフである。

【図 4 9】 図 4 2 に示した磁気センサが備える Y 軸磁気センサの X 軸方向に変化する磁界に対する出力電圧（実線）、及び Y 軸方向に変化する磁界に対する出力電圧（破線）の変化を示したグラフである。

【図 5 0】 図 4 2 に示した磁気センサを製造する途中のスピバルブ膜が形成された石英ガラスの平面図である。

【図 5 1】 図 4 2 に示した磁気センサを製造する際に使用するマグネットアレイを準備するための金属プレートの平面図である。

【図 5 2】 図 5 1 に示した金属プレート及び永久棒磁石を同図 5 1 の 3 - 3 線に沿った平面にて切断した断面図である。

【図 5 3】 図 4 2 に示した磁気センサを製造する際に使用するマグネットアレイを形成するためのプレートの平面図である。

【図 5 4】 図 4 2 に示した磁気センサを製造する際に使用するマグネットアレイの断面図である。

【図 5 5】 図 4 2 に示した磁気センサを製造する工程を示した断面図である。

【図 5 6】 図 5 4 に示したマグネットアレイの磁石の一部を取り出した斜視図である。

【図 5 7】 図 4 2 に示した磁気センサの各 GMR 素子のピンド層の磁化の向きをピンする方法を示した概念図である。

【図 5 8】 図 4 2 に示した磁気センサと方位との関係を示した図である。

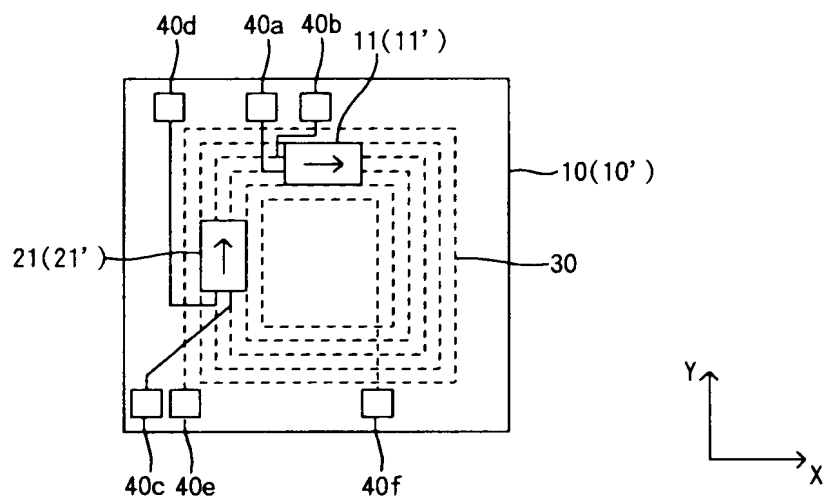
【図 5 9】 図 4 2 に示した磁気センサの方位に対する出力電圧を示したグラフである。

【符号の説明】

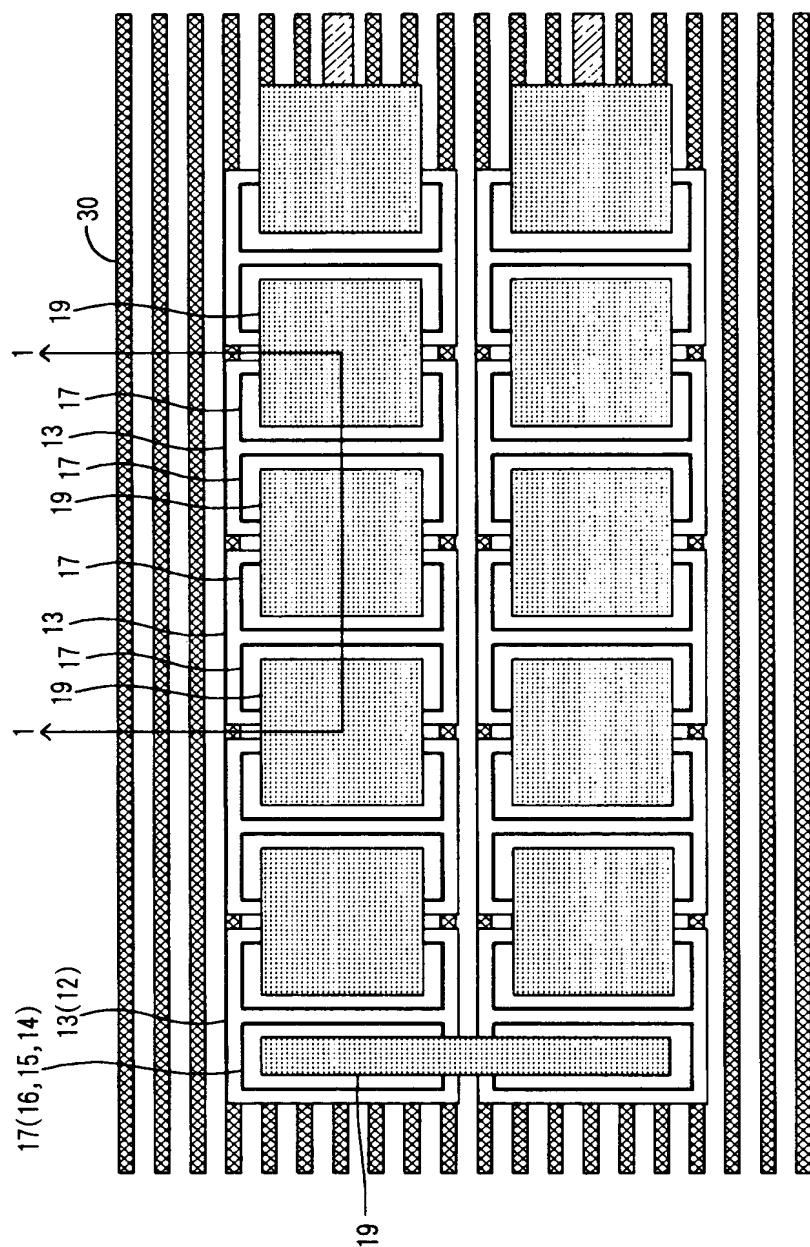
1 0 …基板、1 2 …下部電極、1 3 …反強磁性膜、1 4 …強磁性膜、1 5 …絶縁層、1 6 …強磁性膜、1 7 …ダミー膜、1 8 …層間絶縁層、1 8 a …コンタクトホール、1 9 …上部電極、2 0 …保護膜、3 0 …コイル、1 1, 2 1 …磁気トンネル効果素子群、5 1 …レジスト。

【書類名】 図面

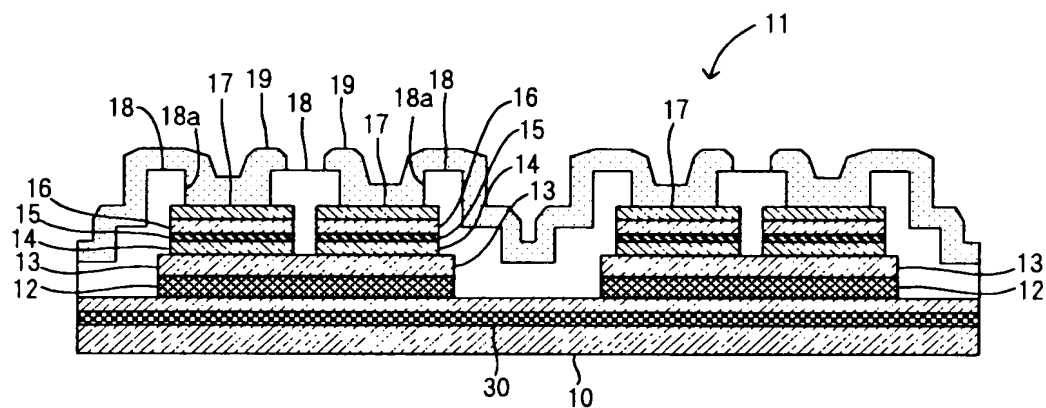
【図 1】



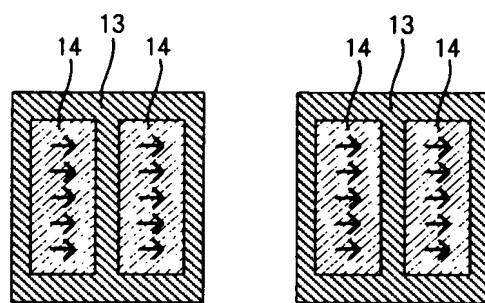
【図 2】



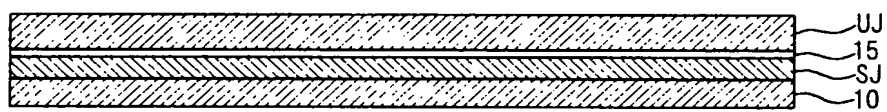
【図 3】



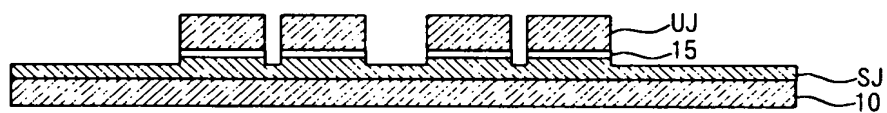
【図 4】



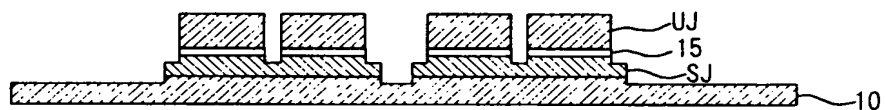
【図 5】



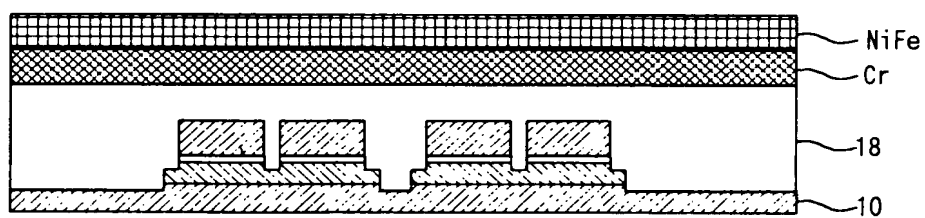
【図 6】



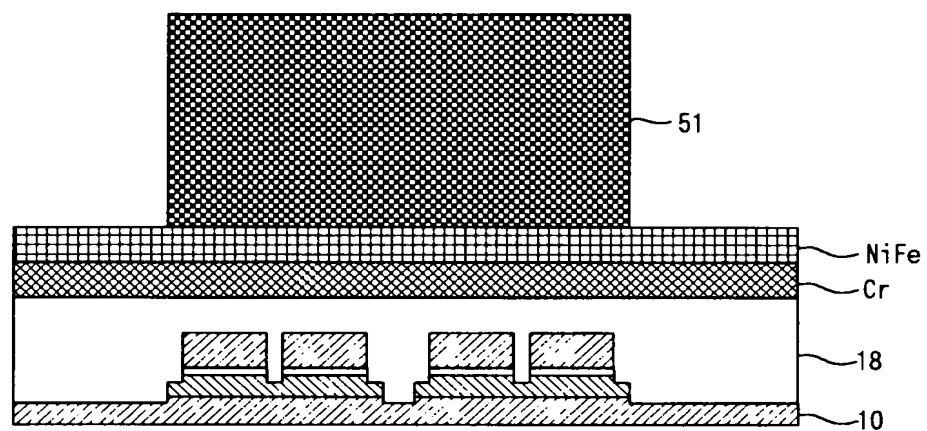
【図 7】



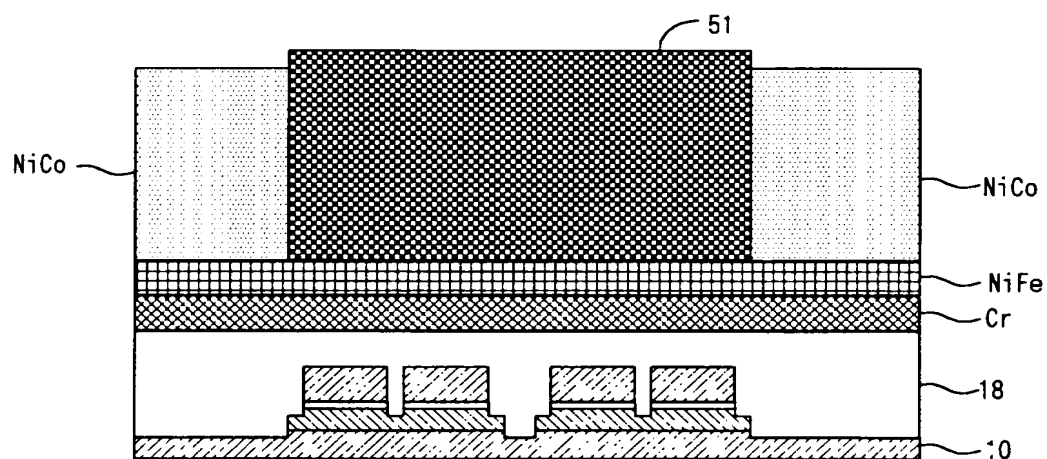
【図 8】



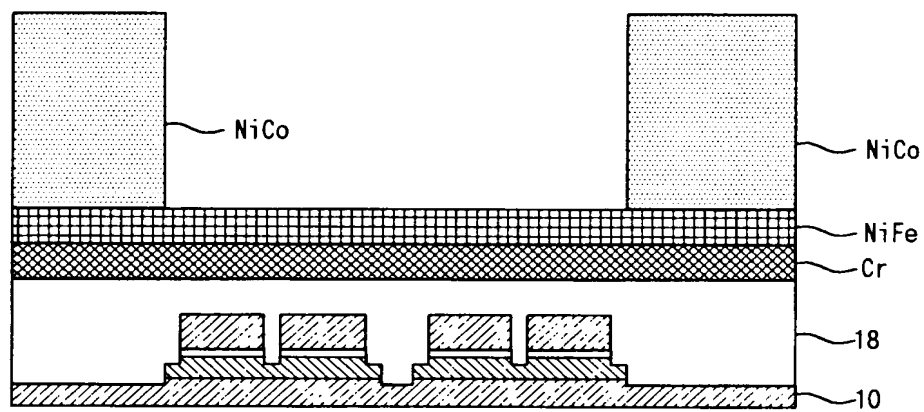
【図 9】



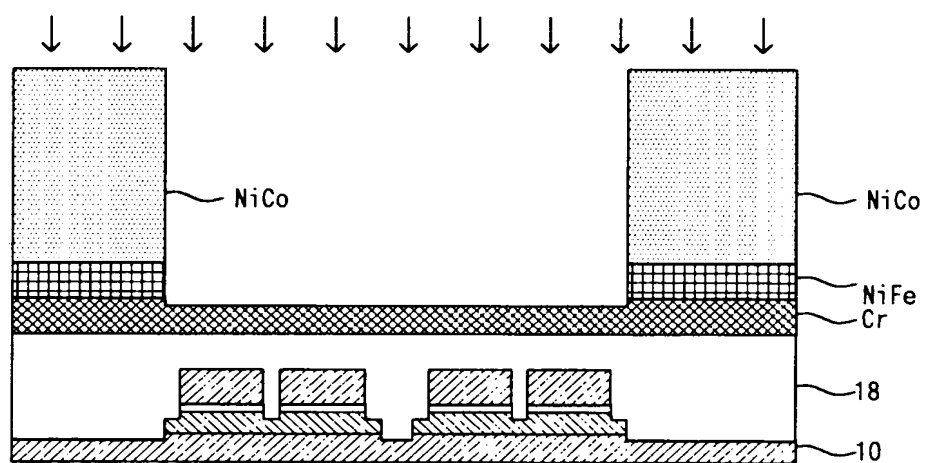
【図 1 0】



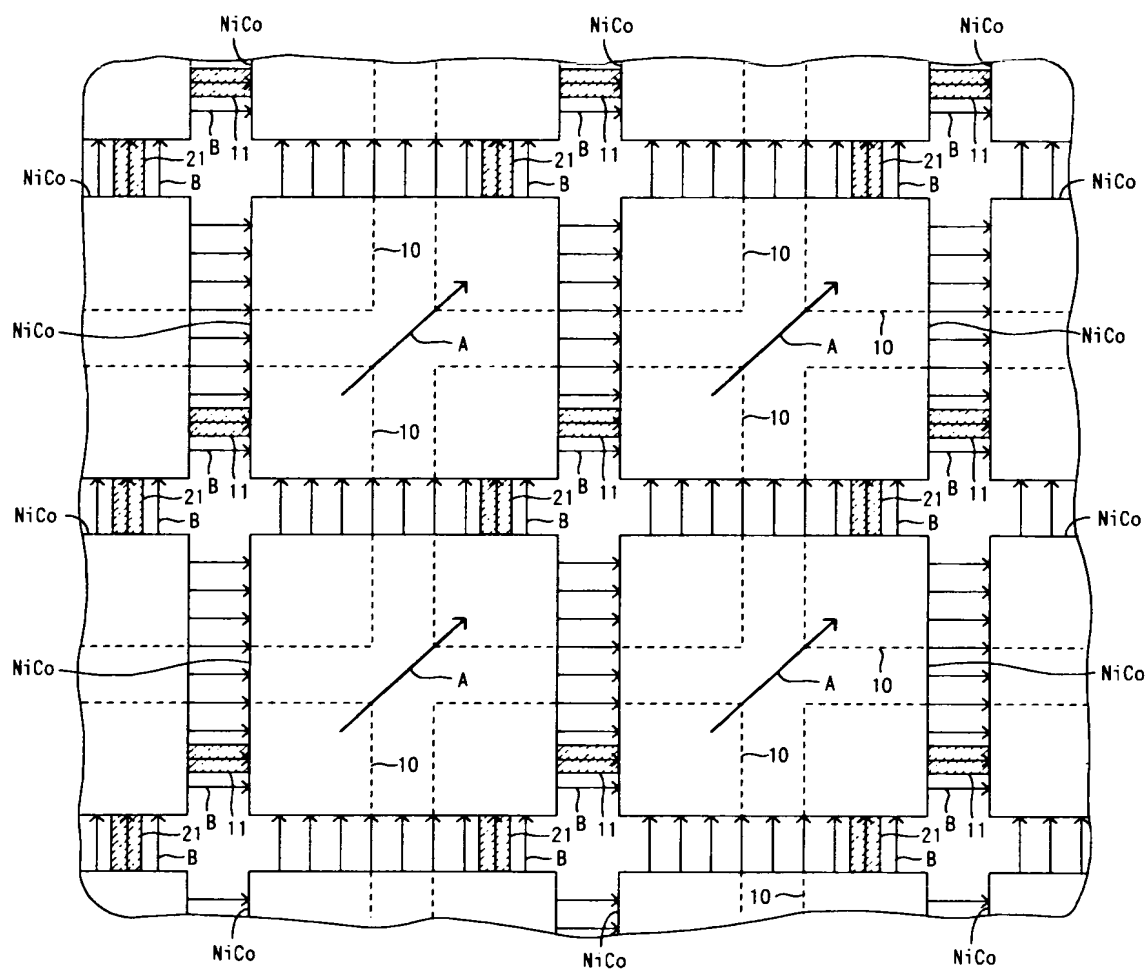
【図 1 1】



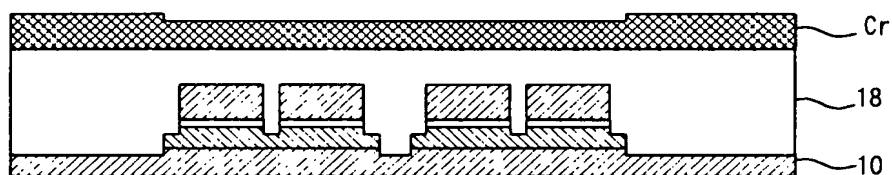
【図 1 2】



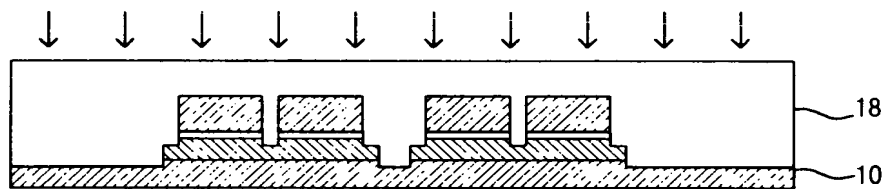
【図 13】



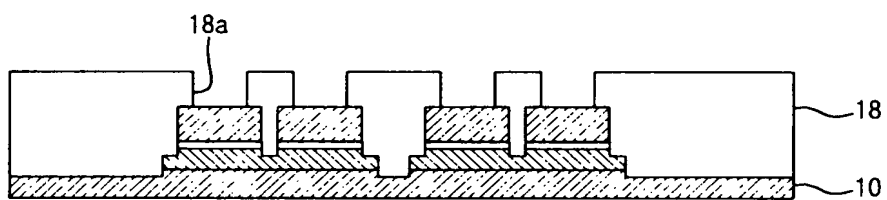
【図 14】



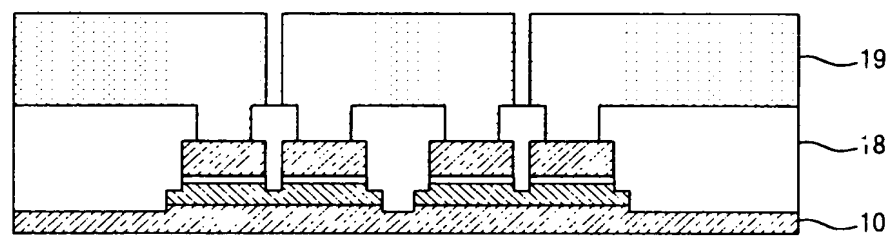
【図 1 5】



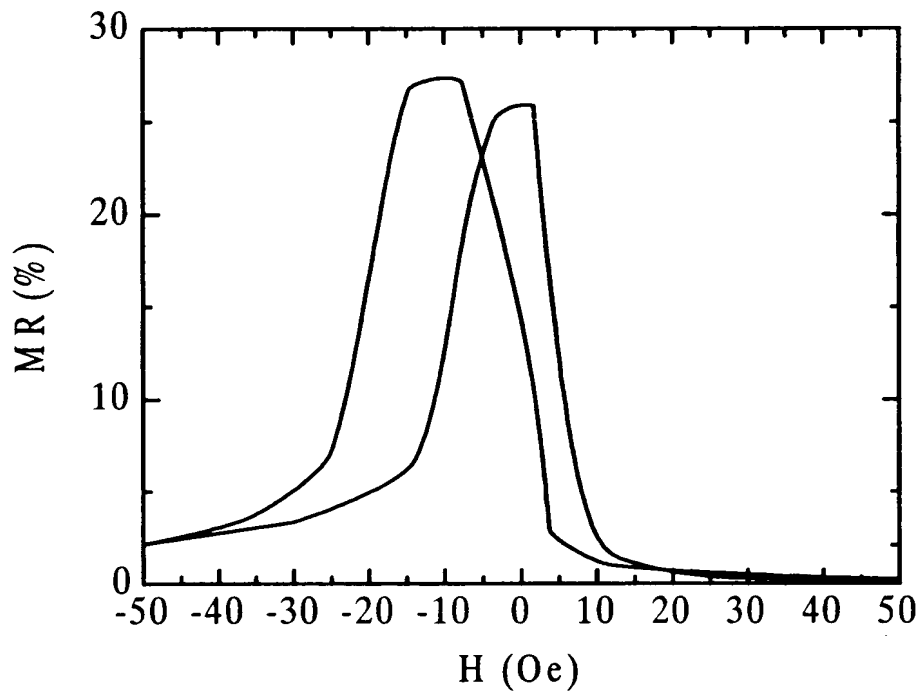
【図 1 6】



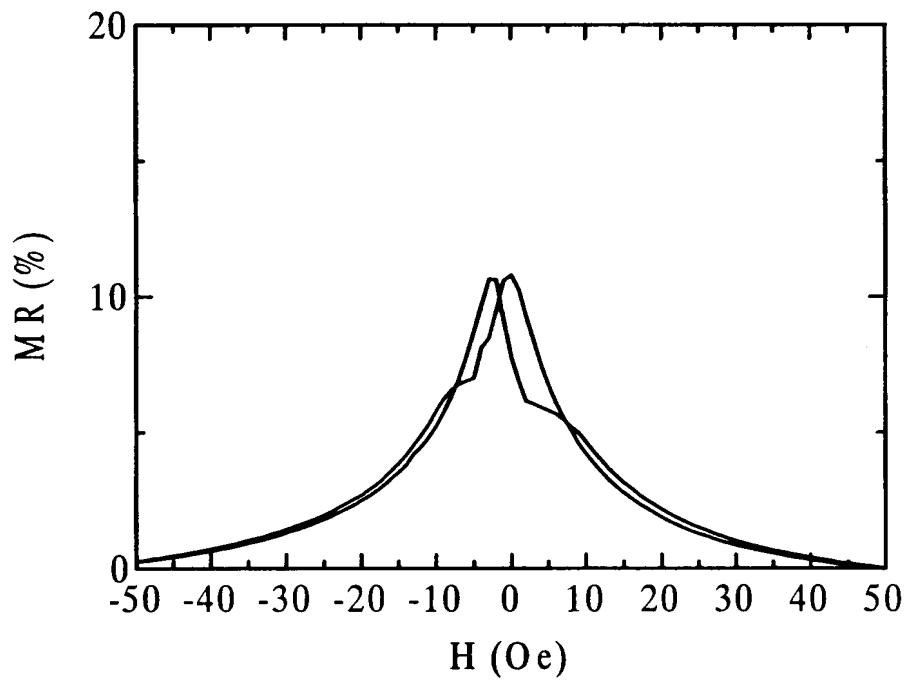
【図 1 7】



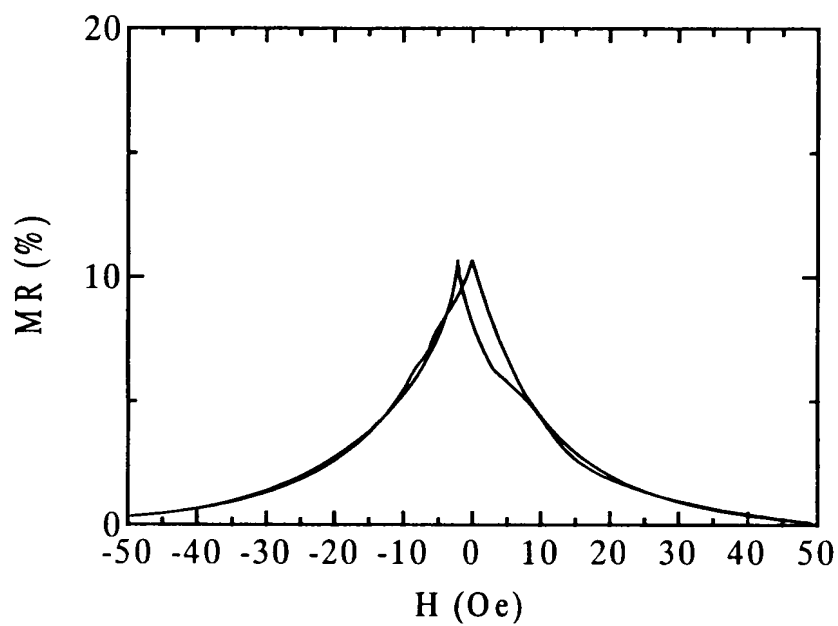
【図 18】



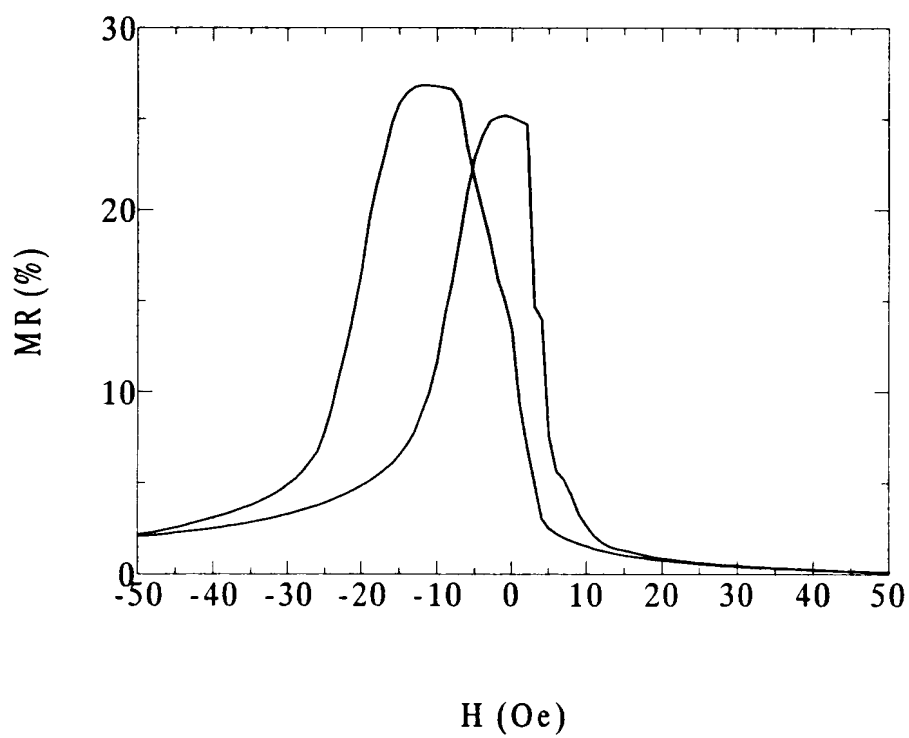
【図 19】



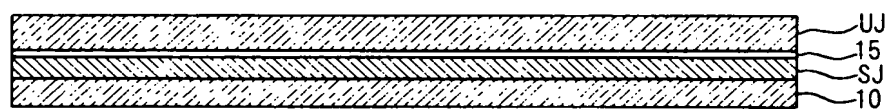
【図 2 0】



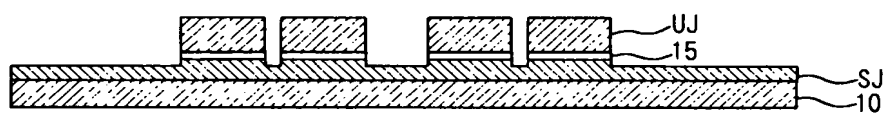
【図 2 1】



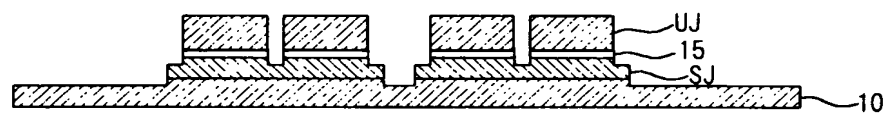
【図 2 2】



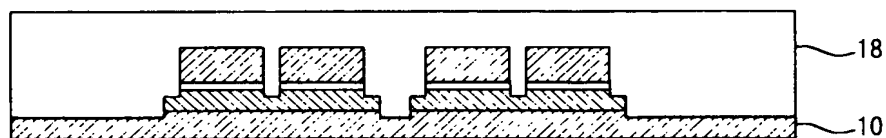
【図 2 3】



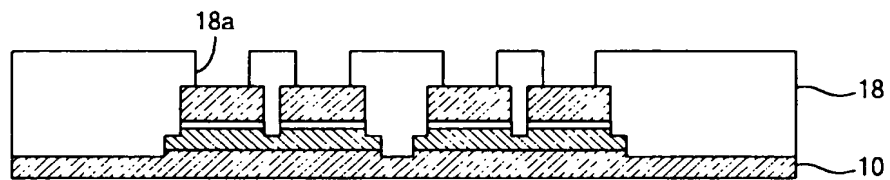
【図 2 4】



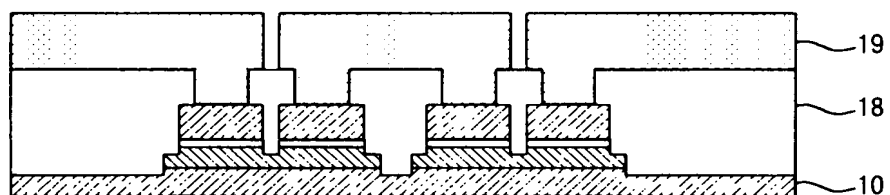
【図 2 5】



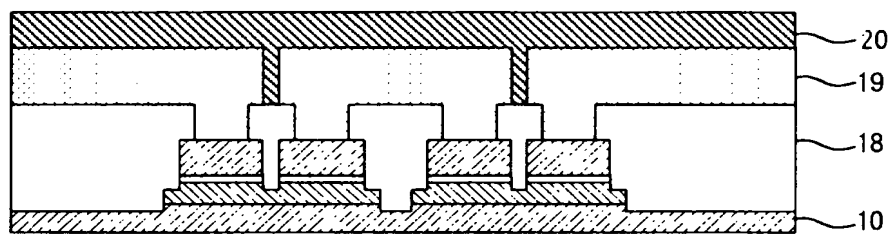
【図 2 6】



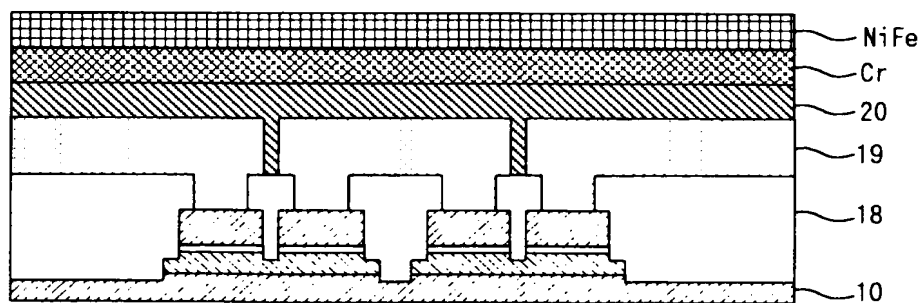
【図 2 7】



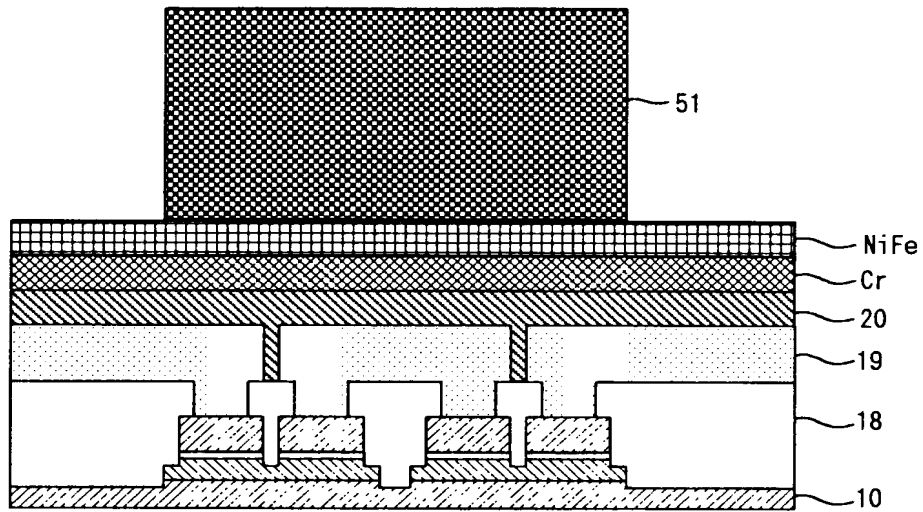
【図 2 8】



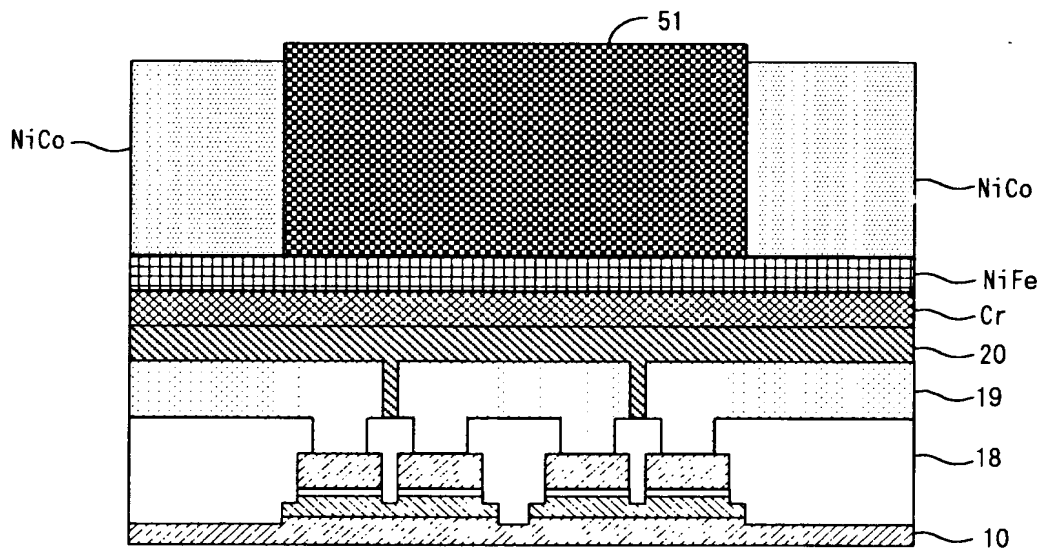
【図 2 9】



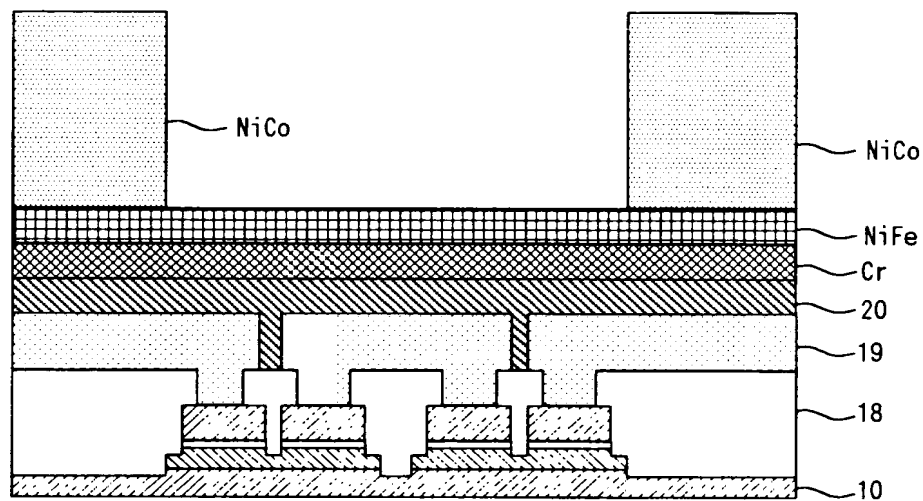
【図 3 0】



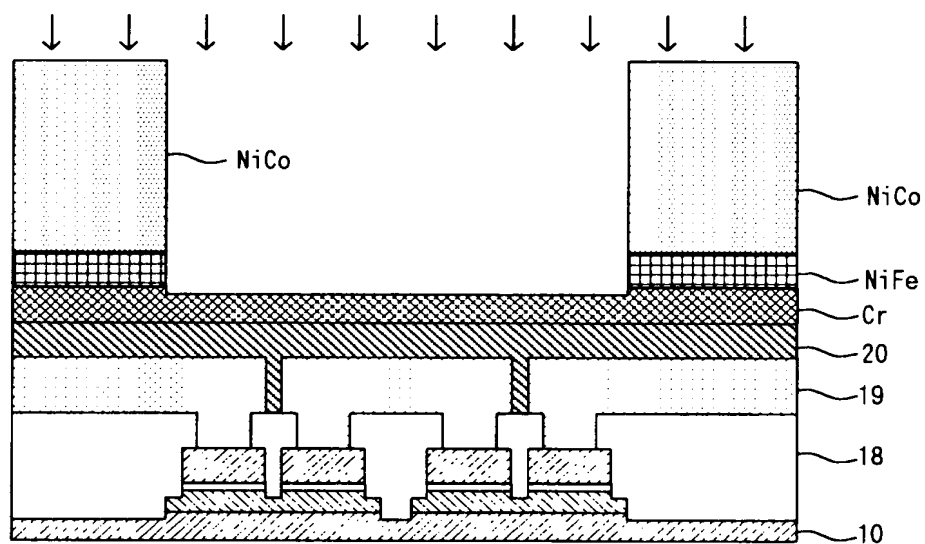
【図 3 1】



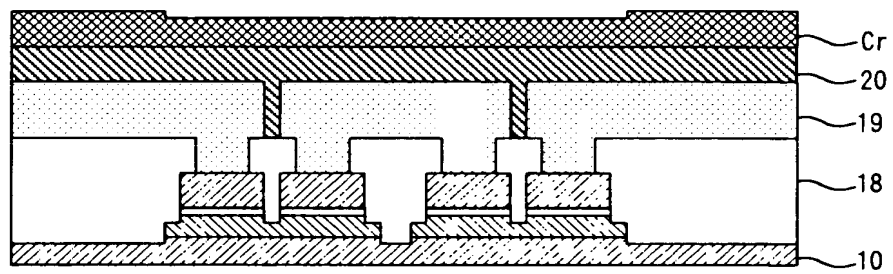
【図 3 2】



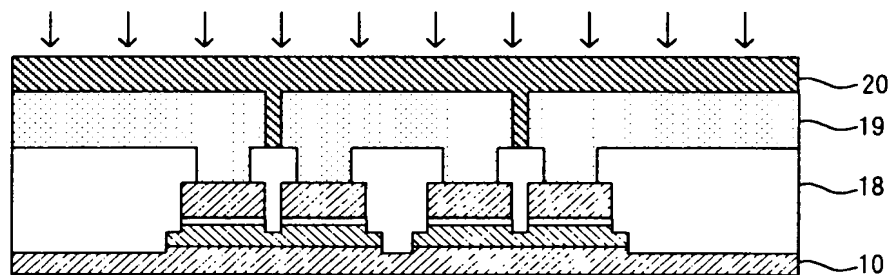
【図 3 3】



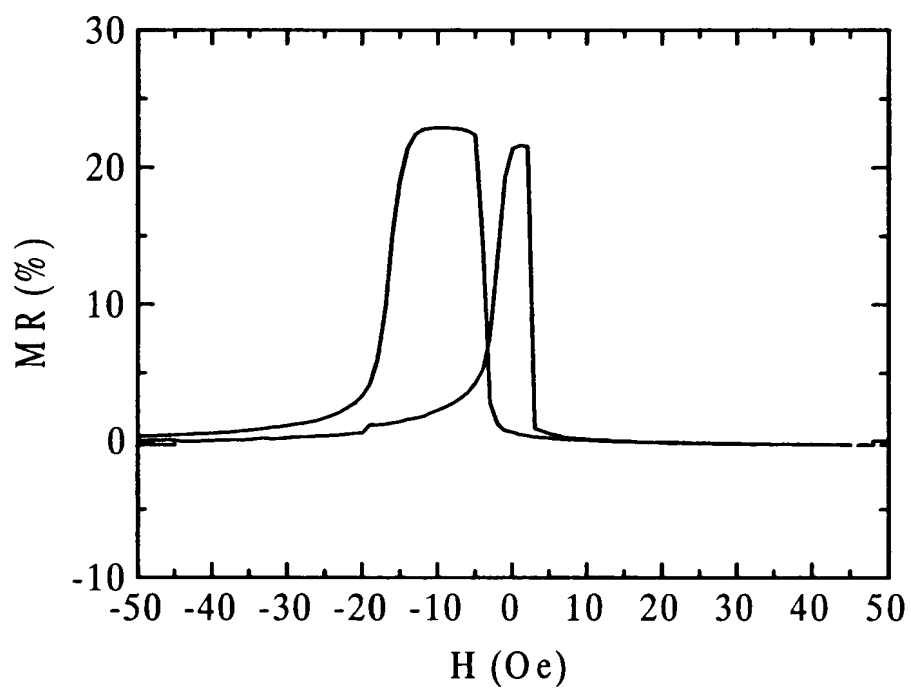
【図 3 4】



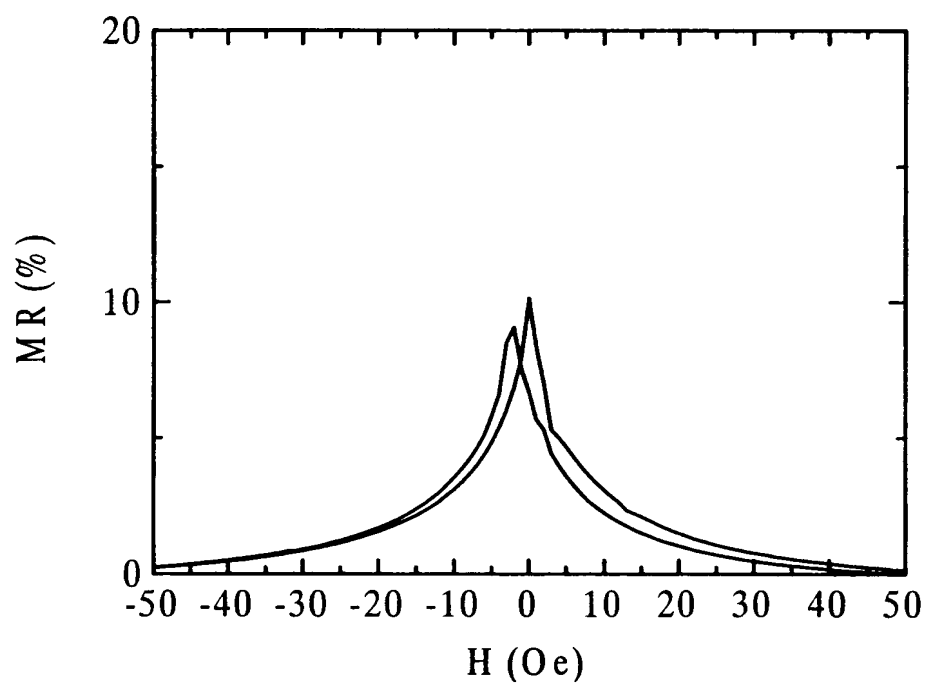
【図 3 5】



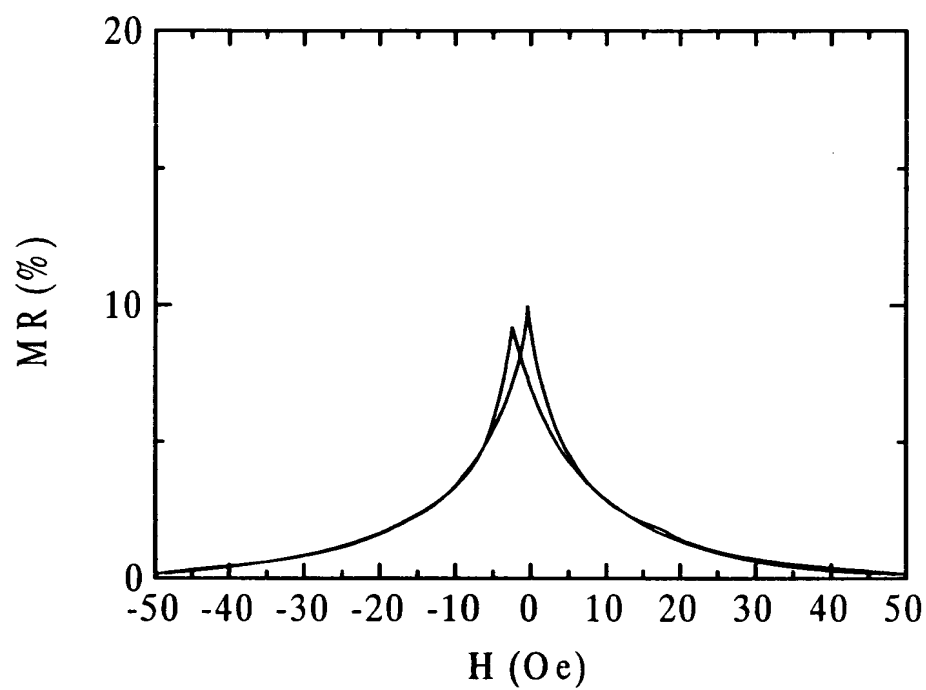
【図 3 6】



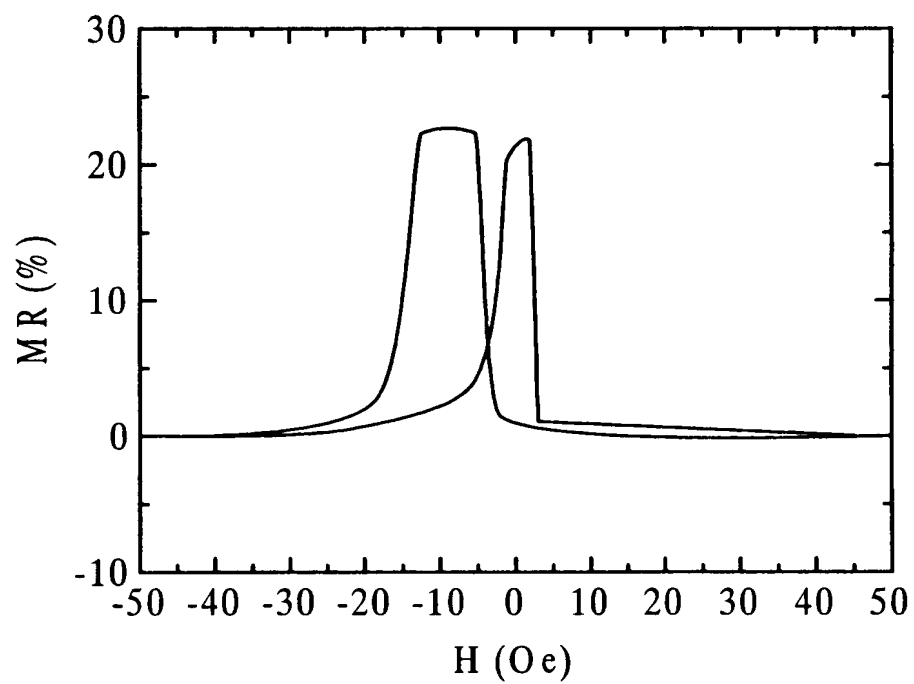
【図 3 7】



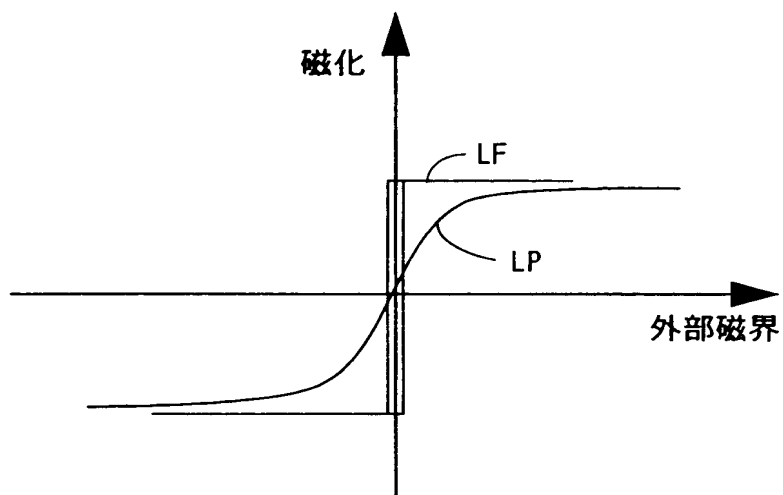
【図 3 8】



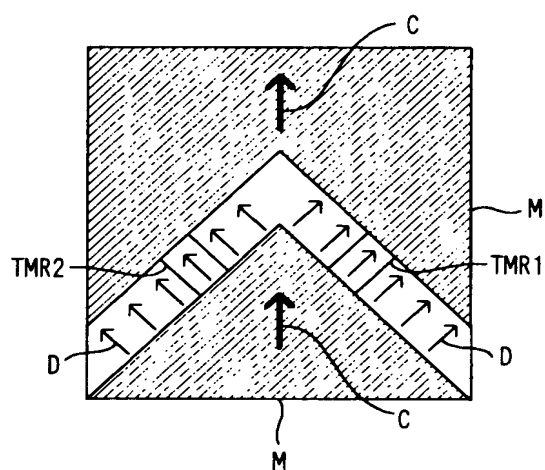
【図 3 9】



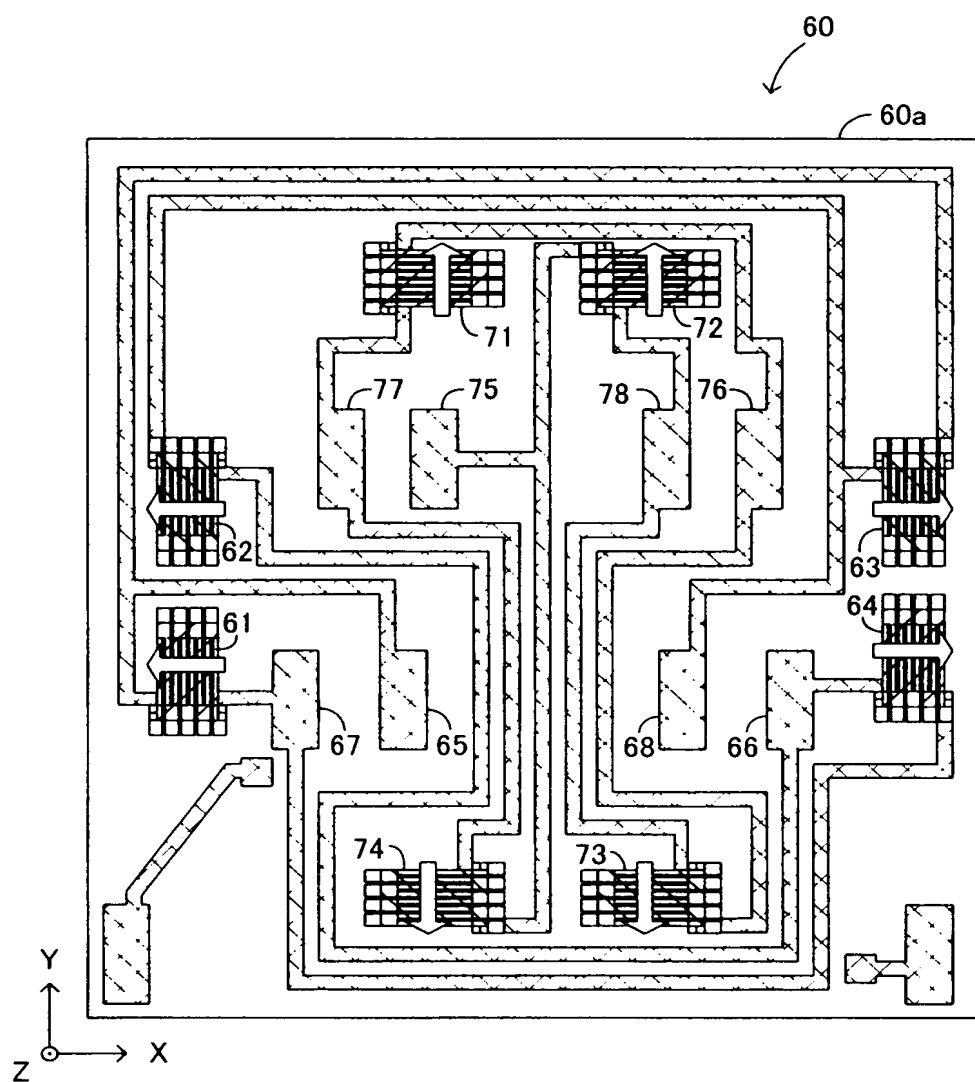
【図 4 0】



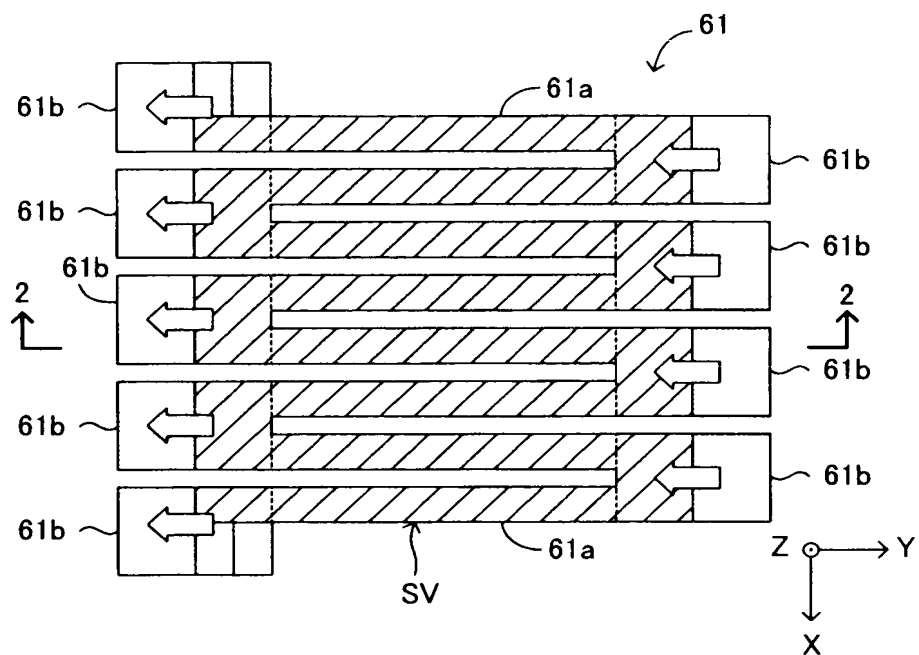
【図 4 1】



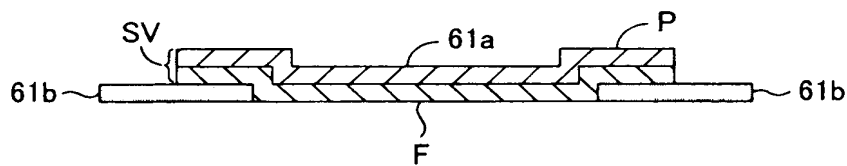
【図 4 2】



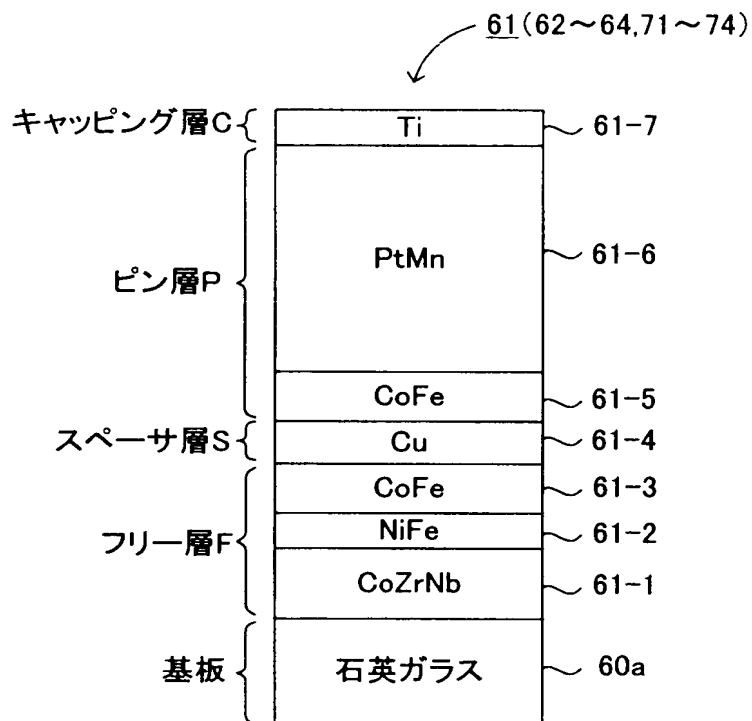
【図 4 3】



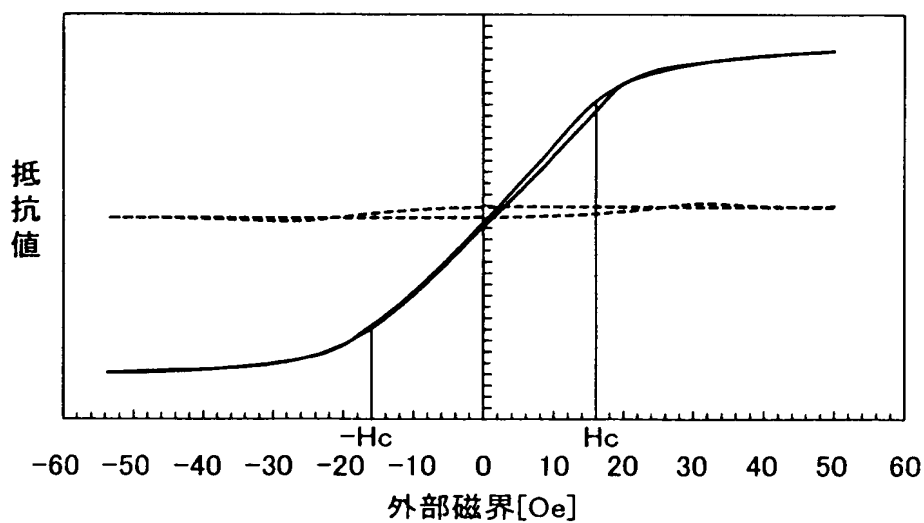
【図 4 4】



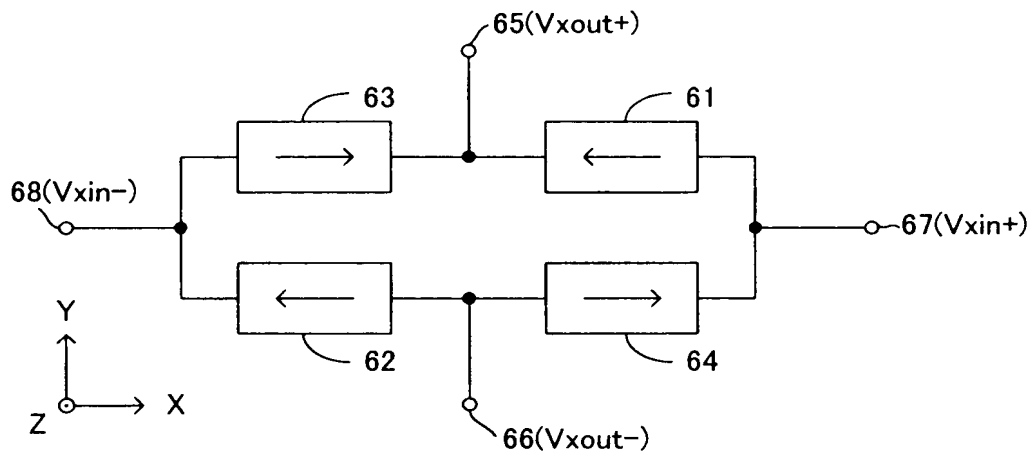
【図 4 5】



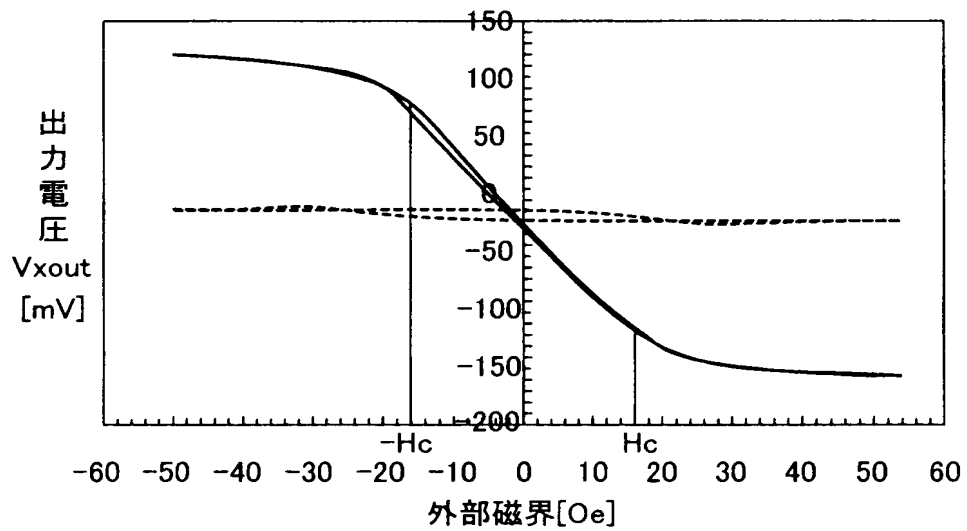
【図 4 6】



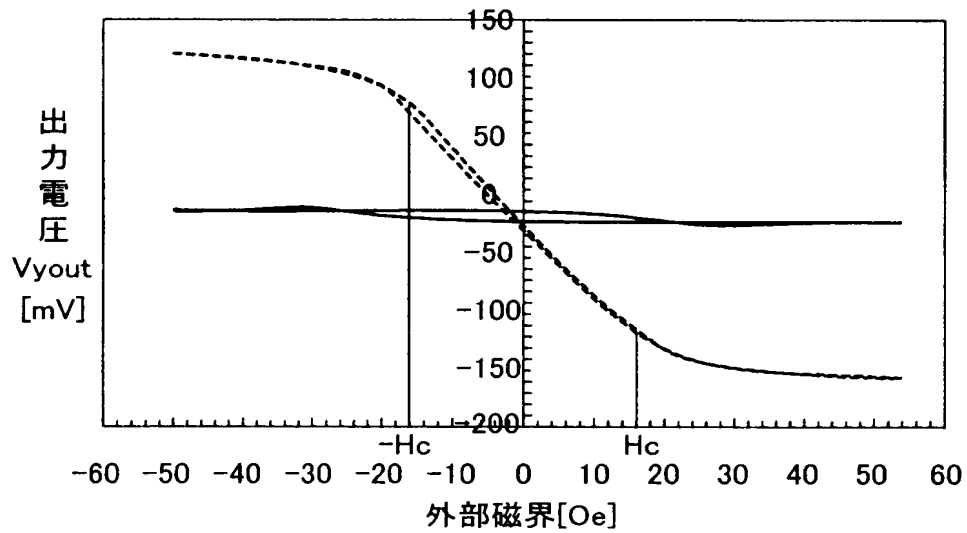
【図 4 7】



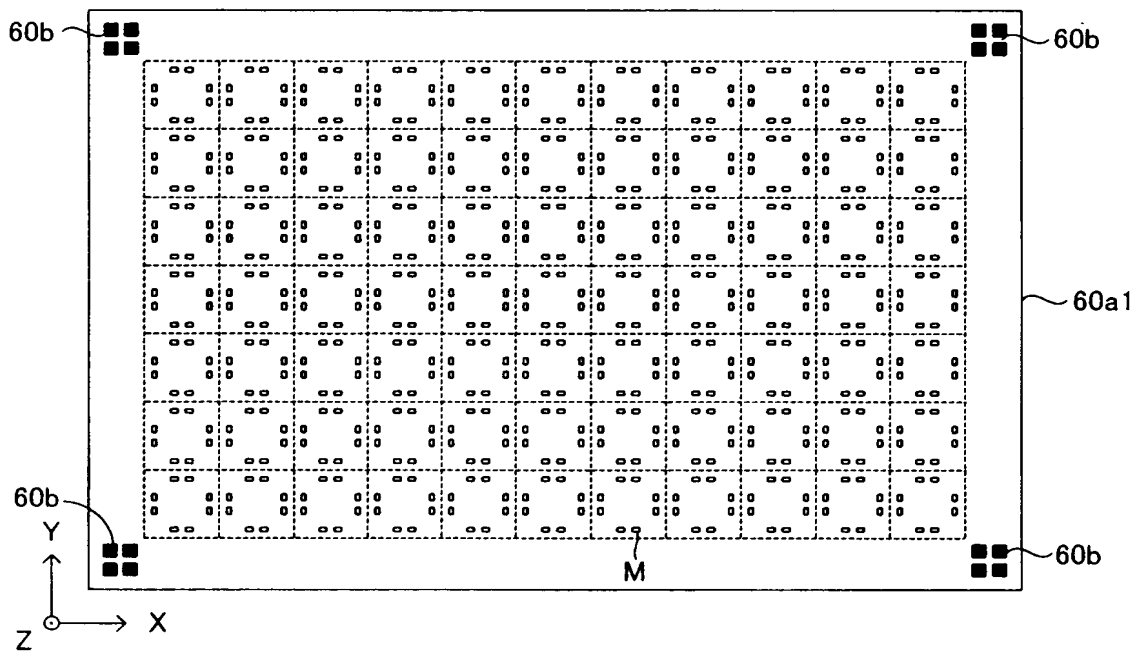
【図 4 8】



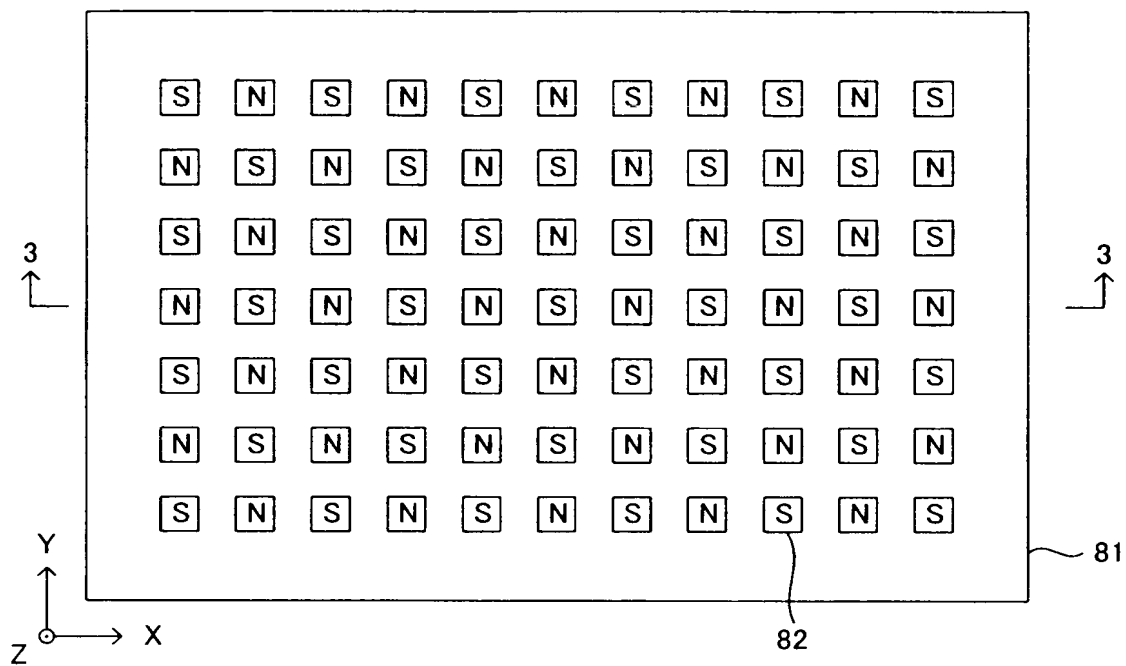
【図 4 9】



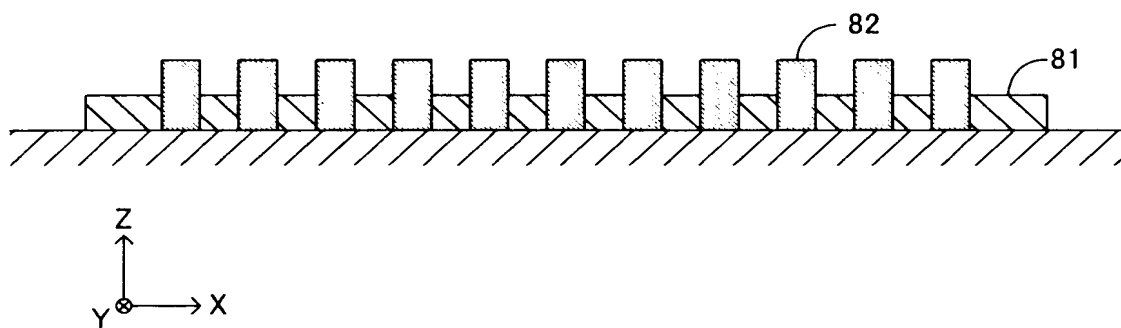
【図 5 0】



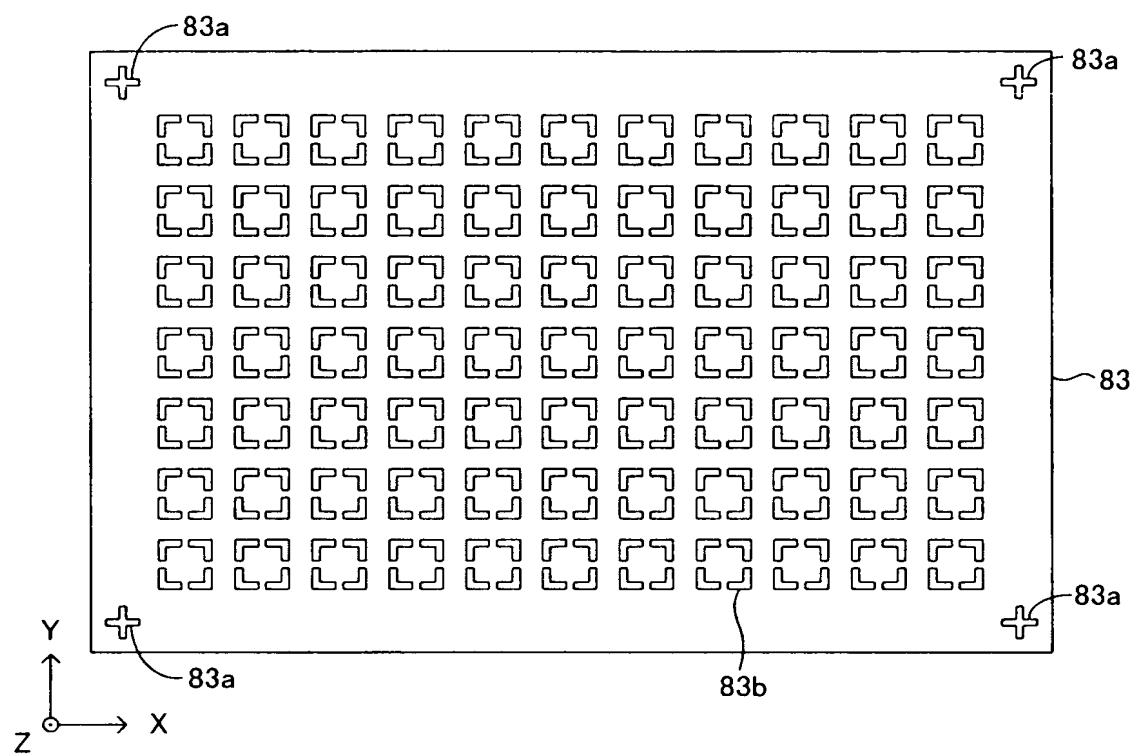
【図 5 1】



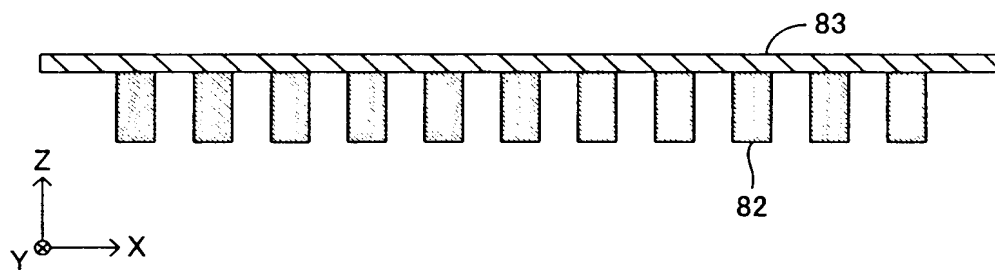
【図 5 2】



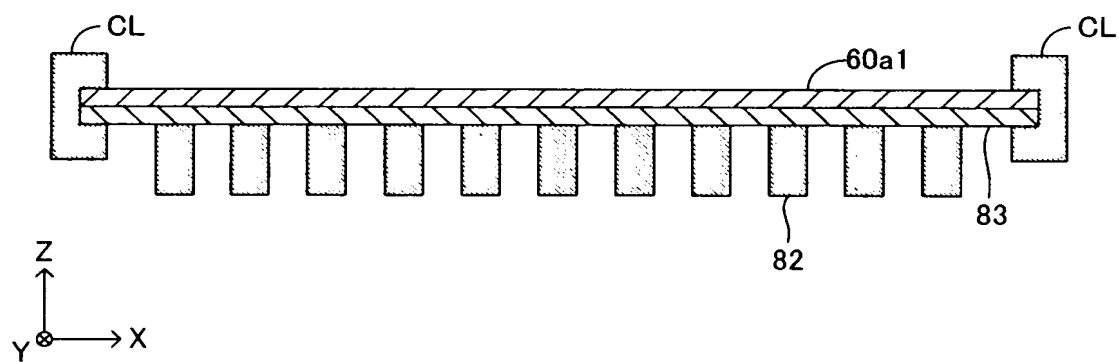
【図 5 3】



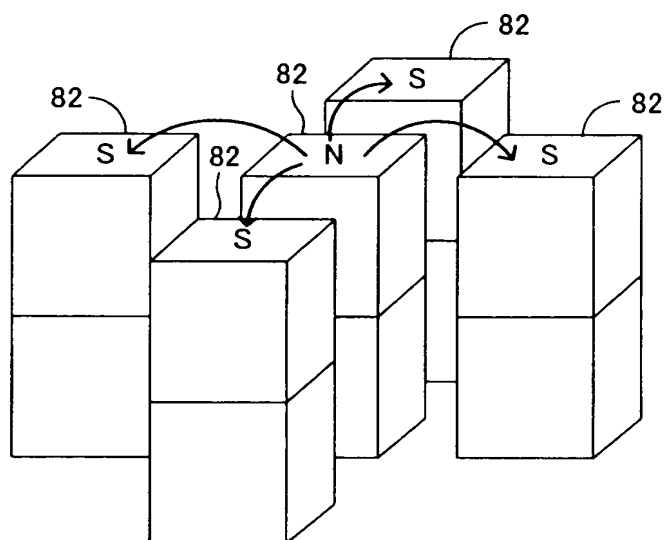
【図 5 4】



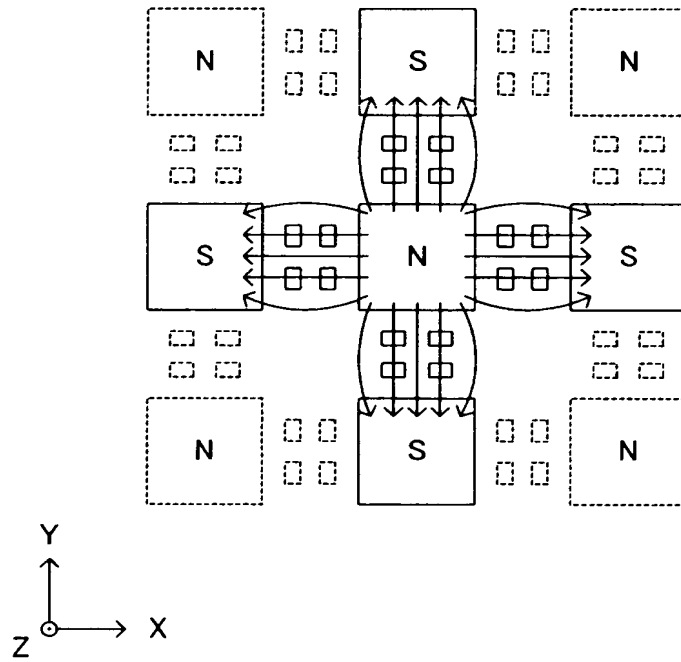
【図 5 5】



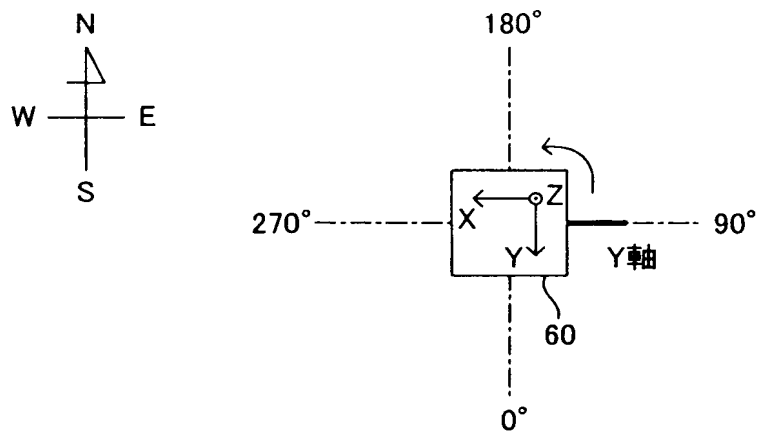
【図 5 6】



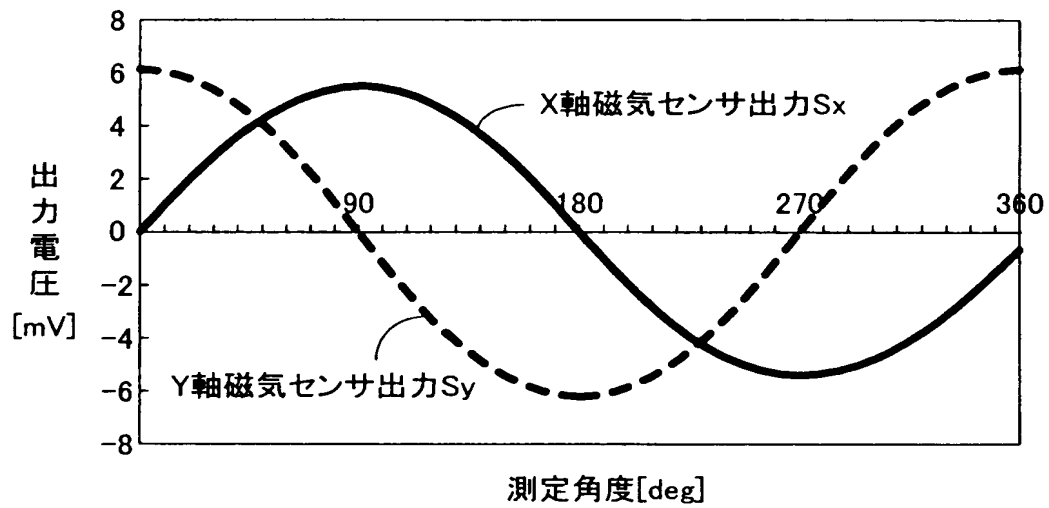
【図 5 7】



【図 5 8】



【図 5 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 単一チップ上に、互いに交差する向きの固定磁化軸を有するピンド層を備えた複数の磁気抵抗効果素子を形成すること。

【解決手段】 基板 1 0 上には磁気抵抗効果素子として二つの磁気トンネル効果素子 1 1, 2 1 となる磁性層が形成され、同磁性層を平面視において挟むように N i C o からなる磁場印加用磁性層が形成される。そして、磁場印加用磁性層に対し磁場を印加し、同磁場印加用磁性層を矢印 A により示した方向に磁化した後、同磁場を除去する。この結果、磁気トンネル効果素子 1 1, 2 1 となる磁性層には磁場印加用磁性層の残留磁化により矢印 B により示した方向の磁場が印加され、同磁気トンネル効果素子 1 1, 2 1 となる磁性層のピンド層の磁化が同矢印 B により示した向きにピンされる。

【選択図】 図 1 3

認 定 ・ 付 加 情 報

特許出願の番号	特願 2 0 0 1 - 2 8 1 7 0 3
受付番号	5 0 1 0 1 3 6 5 6 1 4
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0 0 9 4
作成日	平成 1 3 年 9 月 2 0 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】	平成13年 9月17日
【特許出願人】	
【識別番号】	000004075
【住所又は居所】	静岡県浜松市中沢町 1 0 番 1 号
【氏名又は名称】	ヤマハ株式会社
【代理人】	申請人
【識別番号】	100088971
【住所又は居所】	愛知県名古屋市中村区太閤 3 丁目 1 番 1 8 号 名 古屋 K S ビル プロスペック特許事務所
【氏名又は名称】	大庭 咲夫
【選任した代理人】	
【識別番号】	100115185
【住所又は居所】	愛知県名古屋市中村区太閤 3 丁目 1 番 1 8 号 名 古屋 K S ビル プロスペック特許事務所
【氏名又は名称】	加藤 慎治

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004075]

1. 変更年月日 1990年 8月22日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 静岡県浜松市中沢町10番1号  
氏 名 ヤマハ株式会社